



Львівський державний  
університет безпеки  
життєдіяльності



Навчально-науковий  
інститут цивільного захисту

КОЛЕКТИВНА  
МОНОГРАФІЯ

# ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ В УМОВАХ ВІЙНИ

Львів 2025

**Львівський державний університет  
безпеки життєдіяльності**

**ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ В УМОВАХ  
ВІЙНИ**

**CIVIL PROTECTION IN TIMES OF WAR**

*за загальною редакцією Дмитра Бондаря*

Львів 2025

УДК 614.8:355.58:351.78(477)  
Ц58

**Рецензенти:** **Шевченко Роман Іванович** – доктор технічних наук, професор, заступник начальника центру – начальник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-інноваційного центру Національного університету цивільного захисту України.  
**Авраменко Олександр Васильович** – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри логістики Повітряних Сил інституту авіації та протиповітряної оборони Національного університету оборони України.  
**Рогуля Андрій Олексійович** – кандидат наук з державного управління, начальник навчально-методичного центру цивільного захисту та безпеки життєдіяльності Львівської області.  
**Зачко Олег Богданович** – доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, професор кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності.

**Редакційна колегія колективної монографії:**

**Бондар Дмитро Володимирович** – кандидат наук з державного управління, доцент, ректор Львівського державного університету безпеки життєдіяльності.

**Технічний редактор:**

**Яковчук Роман Святославович** – доктор технічних наук, доцент, начальник навчально-наукового інституту цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності.

**Рекомендовано до друку Вченою радою Львівського державного  
університету безпеки життєдіяльності**  
(протокол №1 від 27.08.2025 р.)

Цивільний захист в умовах війни: колективна монографія / за загальною редакцією Дмитра Бондаря.  
Львів: ЛДУБЖД, 2025. 524с.

Колективна монографія «Цивільний захист в умовах війни» присвячена аналізу сучасних викликів та пошуку ефективних рішень у сфері безпеки населення під час збройної агресії проти України. У ній досліджуються питання адаптації захисних споруд для осіб з інвалідністю та маломобільних груп, удосконалення системи евакуації та оповіщення, реагування на радіаційні, хімічні та техногенні загрози. Значна увага приділена командно-штабним навчанням, міжнародному досвіду та інноваційним підходам у сфері цивільного захисту. Автори систематизують проблеми координації органів влади та ДСНС, виявляють недоліки нормативної бази й організаційних процедур, пропонують моделі управління та алгоритми дій у кризових ситуаціях. Теоретична цінність праці полягає в розвитку наукових засад безпеки, зокрема у контексті воєнних загроз, а практична – у створенні конкретних рекомендацій для органів влади, рятувальних служб, військових та місцевих громад. Монографія поєднує наукові підходи, результати моделювання та аналіз реальних кейсів, що забезпечує її прикладне значення. Запропоновані рішення спрямовані на формування безбар'єрного середовища, стійкої системи реагування та ефективного управління надзвичайними ситуаціями. Видання має як наукову, так і практичну цінність для фахівців цивільного захисту, представників державних і місцевих органів влади, освітніх закладів та міжнародних партнерів.

*Представлені у монографії матеріали учасників подані в авторській редакції та відображають власну наукову позицію авторів. Автори несуть повну відповідальність за точність наведених фактів, цитат, економіко-статистичних даних, наукової термінології, імен власних, джерел посилання.*

ISBN 978-617-8654-10-8

© Д. В. Бондар, 2025  
© ЛДУБЖД, 2025

# ЗМІСТ

**ВСТУП**..... 7

## **РОЗДІЛ 1. ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАХОДІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В УМОВАХ ПРАВОВОГО РЕЖИМУ ВОЄННОГО СТАНУ**

**Дмитро БОНДАР, Роман ЯКОВЧУК, Андрій ГАВРИСЬ, Олена ШКУРКА, Олександра ПЕКАРСЬКА. ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАХОДІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В УМОВАХ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ**..... 9

**Сергій ПОЗДЄЄВ, Роман ЯКОВЧУК, Назарій ТУР, Вадим НІЖНИК, Ольга НЕКОРА. МЕТОДИ РОЗРАХУНКОВОЇ ОЦІНКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ПРИДАТНОСТІ ЗАХИСНИХ СПОРУД ПІД ЧАС ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ ПОВІТРЯНОГО НАПАДУ ПРОТИВНИКА**..... 32

**Дмитро ЗАЙЧЕНКО, Іван ТАТАРІНОВ. АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ПРОВЕДЕННЯ КОМАНДНО-ШТАБНИХ НАВЧАНЬ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ВІЙСЬКОВИХ ЗАГРОЗ**..... 65

**Василь ЛОЇК, Олександр ЗАЙЦЕВ, Юрій НАЛИСНИК. АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ В УКРАЇНІ**..... 73

**Cristian RESCH, Andrii HAVRYS, Oleksandra PEKARSKA, Viktoriia FILIPPOVA. PREPARING FOR COMPLEXITY A COMPREHENSIVE FRAMEWORK FOR FULL-SCALE CIVIL PROTECTION EXERCISES**..... 80

**Наталія ЖЕЗЛО-ХЛЕВНА, Олександр ХЛЄВНОЙ. БІОМЕХАНІЧНІ АСПЕКТИ ОСІБ З МОДУЛЬНИМИ ПРОТЕЗАМИ НИЖНІХ КІНЦІВОК ПРИ ЕВАКУАЦІЇ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ**..... 93

**Аліна ПЕРЕГІН, Олександр НУЯНЗІН. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ОСІБ РЯДОВОГО І НАЧАЛЬНИЦЬКОГО СКЛАДУ ДСНС УКРАЇНИ З ПЛАНУВАННЯ ЕВАКУАЦІЇ МАЛОМОБІЛЬНИХ ГРУП НАСЕЛЕННЯ, ВКЛЮЧАЮЧИ ОСІБ З ІНВАЛІДНІСТЮ**..... 106

**Василь ЛОЇК, Олександр СИНЕЛЬНИКОВ, Максим ДОВГАНОВСЬКИЙ. ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАДІАЦІЙНОГО ТА ХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ В УМОВАХ ВІЙНИ**..... 115

**Олександр НУЯНЗІН, Аліна ПЕРЕГІН. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРИСТОСУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ФОНДУ ЗАХИСНИХ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ДО ПОТРЕБ ОСІБ З ІНВАЛІДНІСТЮ ТА ІНШИХ МАЛОМОБІЛЬНИХ ГРУП НАСЕЛЕННЯ**..... 148

## **РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ У МИРНИЙ ЧАС ТА ОСОБЛИВИЙ ПЕРІОД**

**Сергій БІЛОУС, Олександр СИЧОВ, Мар'ян ЛАВРІВСЬКИЙ, Олександр ЛЮБОВЕЦЬКИЙ, Володимир РИХВА.** РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ТА ДОСВІД ПРОВЕДЕННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ..... 179

**Михайло ШИЧКІН, Василь ЛОЇК, Олександр СИНЕЛЬНІКОВ.** РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ В УМОВАХ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ..... 200

**Володимир-Петро ПАРХОМЕНКО, Роман КОНАНЕЦЬ, Роман СУКАЧ.** ЛІКВІДАЦІЯ ПОЖЕЖ НА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТАХ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННИХ ДІЙ..... 225

**Євген ШУМСЬКИЙ, Максим ВОЙЧЕНКО, Василь КАРАБИН, Василь ЛОЇК.** УПРАВЛІННЯ НАДЗВИЧАЙНИМИ СИТУАЦІЯМИ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ В УМОВАХ ВІЙНИ: ДОСВІД ЛІКВІДАЦІЇ КАТАСТРОФИ НА КАХОВСЬКІЙ ГЕС..... 248

**Василь КОВАЛИШИН, Володимир МАРИЧ.** МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВОГНЕГАСНИХ ПОРОШКІВ ПОВІТРЯНИМ ПОТОКОМ В КАНАЛАХ ЗНАЧНОЇ ПРОТЯЖНОСТІ..... 267

**Василь МАТУХНО, Віталій ЦІОЛКОВСЬКИЙ, Володимир БУДЯЦЬКИЙ, Дмитро ПОЛЩУК, Дмитро БАЗАЛІЄВ.** ВПЛИВ ВІЙНИ НА РОЗВИТОК ПРОТИМІННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УКРАЇНІ..... 295

**Мирослав КОВАЛЬ, Роман РАТУШНИЙ, Олег ПАЗЕН, Дмитро АНДРУХІВ.** РОЛЬ МЕХАНІЗМУ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ У ЛІКВІДАЦІЇ МАСШТАБНИХ ПРИРОДНИХ ТА ТЕХНОГЕННИХ КАТАСТРОФ..... 307

**Роман ВЕСЕЛІВСЬКИЙ, Андрій ГАВРИСЬ, Тарас БОЙКО, Андрій ТАРНАВСЬКИЙ, Назарій ТУР.** ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ВОГНЕЗАХИСТУ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПЕРЕКРИТТІВ МАШИННИХ ЗАЛІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ..... 317

## **РОЗДІЛ 3. ЗАХИСТ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА ГІБРИДНИХ ЗАГРОЗ**

**Олександр СУХОДОЛЯ.** РОЗВИТОК СИСТЕМИ ЗАХИСТУ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ: ВИВЧЕННЯ УРОКІВ ВІЙНИ..... 333

|   |     |
|---|-----|
| БЕЗПЕКОЮ ОБ'ЄКТА КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ, ЩО ОХОРОНЯЄТЬСЯ, ВІД ТЕРОРИСТИЧНОГО НАЗЕМНОГО І ПОВІТРЯНОГО ПРОНИКНЕННЯ НА ОБ'ЄКТ.....   | 348 |
| <b>Рустам МУРАСОВ.</b> МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЗАГРОЗ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В ЗОНІ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ.....   | 367 |
| <b>Роман ЯКОВЧУК, Андрій ГАВРИСЬ, Вікторія ФІЛІПОВА, Назарій ТУР.</b> КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА ЗАХИСТУ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ.....                                  | 380 |
| <b>Ярослав БАЛЛЮ, Вадим НІЖНИК, Дмитро СЕРЕДА, Олександр ТЕСЛЕНКО, Роман ПАЛЬЧИКОВ.</b> ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКІВ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ..... | 397 |
| <b>Батир ХАЛМУРАДОВ, Олег ТРЕТЬЯКОВ, Євген ЛІНЧЕВСЬКИЙ.</b> ІНЖЕНЕРНИЙ, ФІЗИЧНИЙ ТА ВНУТРІШНІЙ ЗАХИСТ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ.....  | 417 |
| <b>Василь КАРАБИН, Роман ЯКОВЧУК, Андрій ТАРНАВСЬКИЙ.</b> ІННОВАЦІЙНА КОНЦЕПЦІЯ ПІДГОТОВКИ КАДРІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ТА СТІЙКОСТІ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ.....                           | 433 |

#### **РОЗДІЛ 4. РОЗВИТОК ІННОВАЦІЙ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ**

|  |     |
|--|-----|
| <b>Дмитро БОНДАР, Василь ПОПОВИЧ, Ростислав ГРИНИК.</b> ІННОВАЦІЙНІ ІТ-СИСТЕМИ ЛЬВІВСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ДЛЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ: RSP, «Я – ДОБРОВОЛЕЦЬ» ТА QRESCUE.....  | 452 |
| <b>Ігор ГЕТАЛО, Дмитро ЯДЧЕНКО, Ілля ЖИДЕНКО, Дмитро ДОБРЯК, Владислав РУЖИН.</b> ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ ТА НАЗЕМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ВНАСЛІДОК ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ ПРОТИ УКРАЇНИ..... | 461 |
| <b>Василь ЗАВОДЮК, Назарій БУРАК, Орест ШОПСЬКИЙ.</b> ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ В СИСТЕМІ ОПОВІЩЕННЯ НАСЕЛЕННЯ ПРО НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ.....   | 473 |

**Андрій ГАВРИСЬ, Ілля ЖИДЕНКО, Назар ШТАНГРЕТ, Мар'ян ЛАВРІВСЬКИЙ, Андрій ВЕЛИКИЙ, Олександр ЛЮБОВЕЦЬКИЙ, Владислав РУЖИН. ІНТЕГРАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ЇХ ОРГАНАМИ ТА ПІДРОЗДІЛАМИ СЛУЖБИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ПІД ЧАС РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ТА ПРОВЕДЕННЯ ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ..... 492**

## Вступ

В умовах повномасштабної війни, гібридних загроз і безпрецедентного тиску на всі сфери життєдіяльності українського суспільства, питання цивільного захисту набуває критичного значення. Ця сфера перетворилася на ключовий інструмент забезпечення безперервності функціонування держави, захисту населення та збереження інституційної спроможності в умовах багатовимірної кризи. Сучасна війна в Україні показала, що ефективна система цивільного захисту є не лише гарантією виживання окремих громадян, а й основою для збереження державності, економічної стабільності, функціонування інфраструктури та збереження людського потенціалу.

Колективна монографія «Цивільний захист в умовах війни» (за загальною редакцією Дмитра Бондаря) структурована відповідно до найактуальніших викликів, що постали перед Україною у 2022-2025 роках, і є результатом міждисциплінарної співпраці провідних науковців, представників органів та підрозділів ДСНС України, фахівців з інженерного, хімічного, радіаційного, біологічного та інформаційного захисту, а також експертів з міжнародного співробітництва у сфері цивільного захисту. Метою монографії є розроблення цілісного підходу до побудови ефективної, адаптивної й інклюзивної системи цивільного захисту, здатної протидіяти сучасним загрозам воєнного і техногенного характеру. Робота спрямована на формування науково-методичної основи для підвищення рівня безпеки, управлінської координації та кадрового забезпечення в умовах війни.

У першому розділі монографії «ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАХОДІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В УМОВАХ ПРАВОВОГО РЕЖИМУ ВОЄННОГО СТАНУ» проведено комплексний аналіз сучасних проблем та інноваційних підходів до організації цивільного захисту в Україні в умовах воєнних загроз. Розглянуто питання евакуації населення, створення та функціонування захисних споруд, організації гуманітарних коридорів, а також безпеки маломобільних груп та осіб з інвалідністю. Значна увага приділена теоретичному та практичному обґрунтуванню захисної здатності споруд і нових методів оцінювання їх надійності при впливі сучасних засобів повітряного нападу. Висвітлено проблеми проведення командно-штабних навчань і радіаційної безпеки, запропоновано шляхи вдосконалення нормативної та організаційної бази. Окремо розглянуто інноваційні методики навчань у рамках Механізму цивільного захисту ЄС, що забезпечують перехід від реактивної до проактивної моделі готовності. Представлено нові науково-практичні підходи до врахування біомеханічних особливостей евакуації осіб із протезами та створення інклюзивної інфраструктури. Отримані результати формують базу для вдосконалення державної політики у сфері безпеки населення, сприяють розвитку наукового дискурсу та мають значне прикладне значення для органів влади, ДСНС України, військових адміністрацій та міжнародних партнерів.

Другий розділ монографії «ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ У МИРНИЙ ЧАС ТА ОСОБЛИВИЙ ПЕРІОД» фокусується на теоретичних і практичних аспектах реагування на надзвичайні ситуації техногенного й природного характеру в умовах воєнних загроз. У цьому розділі висвітлюються сучасні інновації у реагуванні на надзвичайні ситуації, що охоплюють як впровадження нових технологій, так і удосконалення організаційних підходів до координації дій різних служб. Особливу увагу приділено організації аварійно-рятувальних робіт в умовах воєнного стану, що потребує переосмислення існуючих алгоритмів та гнучкості в умовах високої динаміки ризиків. У розділі аналізуються питання оперативності, взаємодії між підрозділами, а також застосування спеціалізованої техніки та засобів індивідуального захисту. Значна увага приділена проблемам координації органів влади, військових структур і служб ДСНС України, а також адаптації міжнародних стандартів НАТО/ЄС до українських реалій. Не менш важливою частиною розділу є тема протимінної діяльності в умовах війни, яка охоплює як організаційні, так і технологічні аспекти виявлення, маркування, знешкодження та ліквідації мінно-вибухових загроз. У розділі аналізуються сучасні методи мінної безпеки, роль міжнародного співробітництва, а також питання підготовки персоналу й інформування

населення щодо мінної небезпеки. У дослідженнях підкреслюється важливість розвитку проактивної моделі готовності на основі досвіду Механізму цивільного захисту ЄС та міжнародної співпраці.

Третій розділ монографії «ЗАХИСТ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА ГІБРИДНИХ ЗАГРОЗ» присвячений проблемам захисту критичної інфраструктури України в умовах повномасштабної збройної агресії. Проаналізовано досвід реалізації державної політики у сфері забезпечення стійкості життєдіяльності та функціонування енергетичної інфраструктури під час масованих атак з боку РФ. Особливу увагу приділено оцінці ефективності національної системи захисту КІ, виявленню її слабких місць та необхідності інтеграції військових спроможностей у комплексну систему оборони стратегічних об'єктів. Представлено структурно-логічну модель управління безпекою об'єктів критичної інфраструктури, яка враховує сценарії терористичних загроз із використанням сучасних засобів ураження, включно з безпілотними та ракетними системами. Розроблено методіку кількісної оцінки ризиків ураження об'єктів КІ в зоні бойових дій, що дозволяє прогнозувати наслідки атак і планувати заходи з відновлення. Узагальнено міжнародний досвід управління стійкістю та запропоновано інтегрований підхід до захисту, який поєднує організаційні, технічні, інформаційні та кадрові компоненти.

Четвертий розділ монографії «РОЗВИТОК ІННОВАЦІЙ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ» присвячений аналізу інноваційних інформаційних технологій та сучасних технічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності цивільного захисту України в умовах війни. Представлено три унікальні ІТ-системи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (RSP, «Я – Доброволець» та QRescue), які створюють цифрову екосистему для оперативного управління силами й засобами, залучення добровольців та доступу до критично важливих даних. Значна увага приділена застосуванню безпілотних літальних апаратів та роботизованих комплексів у діяльності ДСНС України, що дозволяє зменшити ризики для особового складу та підвищити якість моніторингу надзвичайних ситуацій у реальному часі. Окремо розглянуто сучасні системи оповіщення населення, які в умовах воєнного стану зазнали швидкої цифровізації й поєднують традиційні методи з мобільними додатками, Cell Broadcast, чат-ботами та хмарними сервісами. У дослідженнях підкреслюється важливість інтеграції інноваційних рішень із міжнародними стандартами НАТО/ЄС та адаптації їх до українських реалій. Теоретична цінність полягає в узагальненні концепцій цифрової трансформації цивільного захисту, а практична – у розробці рекомендацій щодо створення єдиної національної безпекової мережі та вдосконалення підготовки кадрів. Запропоновані рішення формують основу для підвищення стійкості громад, оперативності реагування та захисту населення в умовах сучасних воєнних і техногенних загроз.

Таким чином, монографія «Цивільний захист в умовах війни» є системним дослідженням, яке поєднує теоретичні основи, практичний досвід, інноваційні підходи до підготовки фахівців та організації захисту населення й інфраструктури. Її матеріали стануть у пригоді науковцям, викладачам, студентам, фахівцям ДСНС України, МВС, органів місцевого самоврядування, а також усім, хто залучений до управління безпекою в умовах сучасних викликів. Видання закладає підвалини для формування національної системи безпеки, здатної як реагувати, так і запобігати катастрофам, посилюючи міжнародну інтеграцію України у сфері цивільного захисту.

## РОЗДІЛ 1. ОРГАНІЗАЦІЯ ЗАХОДІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В УМОВАХ ПРАВОВОГО РЕЖИМУ ВОЄННОГО СТРАНУ

### ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАХОДІВ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В УМОВАХ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ

#### Дмитро БОНДАР

кандидат наук з державного управління, доцент, ректор Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
rektordubgd@ldubgd.edu.ua, ORCID: 0009-0004-9571-7828

#### Роман ЯКОВЧУК

доктор технічних наук, доцент, начальник навчально-наукового інституту цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
r.yakovchuk@ldubgd.edu.ua, ORCID: 0000-0001-5523-5569

#### Андрій ГАВРИСЬ

кандидат технічних наук, доцент, заступник начальника кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
a.havrys@ldubgd.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2527-7906

#### Олена ШКУРКА

фахівець (з питань цивільного захисту) Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
olena.shkurka@ldubgd.edu.ua, ORCID: 0009-0002-4718-6175

#### Олександра ПЕКАРСЬКА

викладач кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
o.pekarska86@ldubgd.edu.ua, ORCID: 0000-0003-1783-4952

**Мета дослідження:** основною метою дослідження є аналіз особливостей організації та реалізації заходів цивільного захисту в умовах збройної агресії проти України. У роботі зроблено акцент на ключових аспектах – здійснення евакуації мирного населення із зон ведення бойових дій, а саме: дій ДСНС України під час масового переміщення людей в період збройної агресії; участі територіальних органів ДСНС України у забезпеченні евакуації мирного населення «гуманітарними коридорами»; забезпечення супроводу евакуаційних колон гуманітарними коридорами із районів ведення бойових дій у безпечні райони. Крім цього, проведений аналіз проблем щодо організації укриття населення в захисних спорудах цивільного захисту; наведено заходи із визначення потреби в об'єктах фонду захисних споруд та нарощування фонду захисних споруд, ведення його обліку; представлено алгоритм нарощування фонду захисних споруд та нові вимоги до будівництва захисних споруд цивільного захисту. Дослідження спрямоване на формування пропозицій із вдосконалення заходів цивільного захисту у сучасному безпековому середовищі.

**Методи дослідження:** у дослідженні використано методи системного аналізу, які дозволили комплексно оцінити ефективність заходів цивільного захисту. Значну увагу приділено аналізу національних та міжнародних нормативно-правових актів, що регламентують сферу захисту населення у надзвичайних ситуаціях та під час воєнних дій. Також застосовано узагальнення практичного досвіду діяльності органів державної влади, ДСНС України, військових адміністрацій і волонтерських організацій.

**Результати:** у роботі окреслено основні напрями реалізації заходів цивільного захисту, серед яких провідне місце займають організація евакуації, створення та функціонування гуманітарних коридорів, а також укриття населення в захисних спорудах. Проаналізовано практику облаштування та використання фонду укриттів відповідно до сучасних вимог. Виявлено проблеми у забезпеченні життєдіяльності, доступності укриттів та медичному супроводі евакуаційних заходів.

**Теоретична цінність дослідження:** дослідження поглиблює наукове розуміння функціонування системи цивільного захисту в умовах воєнного стану. Воно сприяє формуванню уявлення про закономірності розвитку цієї системи та її трансформацію відповідно до викликів безпекового середовища. Узагальнено теоретичні засади взаємодії державних інституцій та громадянського суспільства у сфері цивільного захисту.

**Практична цінність дослідження:** отримані результати мають прикладне значення для органів державної влади, місцевого самоврядування, військових адміністрацій та ДСНС України. Вони можуть бути використані для вдосконалення планів евакуації, розширення фонду захисних споруд, а також розробки заходів із надання медичної допомоги постраждалим. Практичні рекомендації спрямовані на підвищення ефективності роботи системи цивільного захисту в умовах воєнних загроз.

**Оригінальність дослідження:** наукова новизна роботи полягає у комплексному аналізі сучасного досвіду України з організації заходів цивільного захисту під час збройної агресії. Дослідження об'єднує теоретичні положення та практичні результати, створюючи цілісну картину функціонування єдиної державної системи цивільного захисту. Ця робота є важливою як для розвитку наукових підходів, так і для підвищення практичної готовності держави до дій у кризових ситуаціях.

**Ключові слова:** заходи цивільного захисту, евакуація, захисні споруди цивільного захисту, гуманітарний коридор, воєнний стан, зона бойових дій.

## **SPECIFICS OF IMPLEMENTING CIVIL PROTECTION MEASURES UNDER CONDITIONS OF ARMED AGGRESSION**

**Dmytro BONDAR**

PhD in Public Administration, Associate Professor, Rector of Lviv State University of Life Safety,  
rektor@dubgd.edu.ua, ORCID: 0009-0004-9571-7828

**Roman YAKOVCHUK**

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Educational and Scientific Institute of  
Civil Protection, Lviv State University of Life Safety,  
r.yakovchuk@dubgd.edu.ua, ORCID: 0000-0001-5523-5569

**Andrii HAVRYS**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Head of the Department of Civil Protection,  
Lviv State University of Life Safety,  
a.havrys@dubgd.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2527-7906

**Olena SHKURKA**

Civil Protection Specialist, Lviv State University of Life Safety,  
olena.shkurka@dubgd.edu.ua, ORCID: 0009-0002-4718-6175

**Oleksandra PEKARSKA**

Lecturer, Department of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety,  
o.pekarska86@dubgd.edu.ua, ORCID: 0000-0003-1783-4952

**The purpose of the study:** the main purpose of the research is to analyze the peculiarities of organizing and implementing civil protection measures under the conditions of armed aggression against Ukraine. The paper focuses on key aspects, namely: the evacuation of the civilian population from combat zones, specifically the actions of the State Emergency Service of Ukraine (SES) during mass population movements in the period of armed aggression; the participation of territorial bodies of the SES in ensuring the evacuation of civilians through “humanitarian corridors”; and the provision of escort for evacuation convoys through humanitarian corridors from combat zones to safe areas. In addition, the study analyzes the challenges related to organizing the sheltering of the population in civil protection facilities; outlines measures for determining the demand for civil protection shelter facilities and for expanding the shelter fund, as well as maintaining its records; presents an algorithm for expanding the civil protection shelter fund; and discusses new requirements for the construction of civil protection shelters.

The research is aimed at developing proposals to improve civil protection measures in the modern security environment.

**Research methods:** the research employs methods of system analysis, which made it possible to comprehensively evaluate the effectiveness of civil protection measures. Considerable attention is given to the analysis of national and international legal frameworks regulating the protection of the population in emergencies and during armed conflicts. The study also applies the generalization of practical experience of state authorities, the State Emergency Service of Ukraine, military administrations, and volunteer organizations.

**Results:** the study outlines the main directions of implementing civil protection measures, with particular emphasis on the organization of evacuation, the establishment and functioning of humanitarian corridors, and the sheltering of the population in protective structures. It analyzes the practice of developing and utilizing the shelter fund in accordance with modern requirements. The research identifies existing challenges in ensuring life support, accessibility of shelters, and medical support during evacuation measures.

**Theoretical value of the study:** the research deepens the scientific understanding of the functioning of the civil protection system under martial law. It contributes to forming a comprehensive view of the patterns of development of this system and its transformation in response to the challenges of the security environment. Theoretical foundations of interaction between state institutions and civil society in the field of civil protection have been generalized.

**Practical value of the study:** the findings have applied significance for state authorities, local self-government bodies, military administrations, and the State Emergency Service of Ukraine. They can be used to improve evacuation plans, expand the fund of protective structures, and develop measures for providing medical assistance to victims. The practical recommendations are aimed at enhancing the overall effectiveness of the civil protection system in conditions of military threats.

**Originality:** the scientific novelty of the work lies in the comprehensive analysis of Ukraine’s recent experience in organizing civil protection measures during armed aggression. The study integrates theoretical principles and practical results, thereby creating a holistic picture of the system’s functioning. This work is important both for the advancement of scientific approaches and for strengthening the practical preparedness of the state to act in crisis situations.

**Keywords:** civil protection measures, evacuation, civil protection shelters, humanitarian corridor, martial law, combat zone.

## Вступ

У зв’язку із черговим актом збройної агресії з боку російської федерації, що відбувся 24 лютого 2022 року, наявною загрозою широкомасштабного вторгнення в Україну збройних сил російської федерації, на підставі Указу Президента України від 24 лютого 2022 року № 64 “Про введення воєнного стану в Україні”, з метою приведення у готовність єдиної державної системи цивільного захисту до виконання завдань за призначенням в умовах воєнного стану Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24 лютого 2022 р. № 179-р єдина державна система цивільного захисту була переведена в режим функціонування воєнного стану [1].

На підставі цього, розпорядженням Уряду України, введено в дію план цивільного захисту України на особливий період із встановленням ступеня готовності «повна готовність». Обласним державним адміністраціям було визначено завдання організувати та здійснити евакуаційні заходи для населення з районів, де тривають збройні конфлікти, а також ухвалити рішення про евакуацію у разі виникнення або загрози виникнення бойових дій на підпорядкованих їм територіях. Додатково на адміністрації покладалося забезпечення евакуації матеріальних і культурних цінностей у випадках, коли існує загроза їх знищення чи пошкодження.

У зазначений період функціонування єдиної державної системи цивільного захисту здійснювалося відповідно до положень Кодексу цивільного захисту України з урахуванням специфічних умов, що регламентувалися нормами міжнародного гуманітарного права, Законом України «Про правовий режим воєнного стану», Законом України «Про мобілізаційну підготовку та мобілізацію», а також низкою інших нормативно-правових актів [1, 3-7, 8, 12-22].

З початком широкомасштабної збройної агресії проти України в державі було запроваджено комплекс заходів із оповіщення населення про загрозу повітряних атак. Система інформування функціонувала за рахунок державних і комунальних телерадіокомпаній, громадських і приватних теле- та радіоорганізацій усіх форм власності із використанням їхніх мереж. Активно залучалися оператори електронних комунікацій для передачі голосових повідомлень і текстових сповіщень, а також інтернет-ресурси, соціальні мережі, месенджери та мобільні застосунки (прикладом є додаток «Повітряна тривога»). У вересні 2022 року Державна служба України з надзвичайних ситуацій розпочала тестування нової системи оперативного інформування населення із застосуванням технології Cell Broadcast у співпраці з мобільними операторами «Київстар», «Vodafone» та «Lifecell». Вказана технологія забезпечує оперативність надсилання сповіщень, можливість локалізованого інформування, а також автоматичний звуковий сигнал, що активується не залежно від режиму звуку на пристрої абонента [2].

Активні бойові дії на території північних, східних і південних областей України спричинили масове припинення господарської діяльності значної кількості підприємств. Суттєвих пошкоджень зазнали підприємства державної та приватної власності, об'єкти життєзабезпечення населення та критичної інфраструктури. Руйнувань також зазнали заклади освіти, культури, охорони здоров'я, транспортні вузли, торговельно-розважальні комплекси, житлові будинки та господарські споруди. Усі ці процеси супроводжувалися значними людськими втратами та травмуванням цивільного населення.

Від початку воєнних дій понад 8 мільйонів осіб стали внутрішньо переміщеними особами, а ще понад 7,5 мільйона (переважно жінки з дітьми) виїхали за межі України, рятуючись від постійних обстрілів і залишаючи території активних бойових дій або тимчасової окупації. Водночас війська держави-агресора захопили два стратегічні ядерні об'єкти – Чорнобильську та Запорізьку атомні електростанції. Якщо територію ЧАЕС було залишено після її пограбування на початку березня, то ситуація на ЗАЕС, яка й надалі піддається обстрілам, розглядається як акт ядерного тероризму, що становить загрозу глобальній безпеці та використовується рф як інструмент ядерного шантажу [2].

На тимчасово окупованих територіях спостерігалися випадки подачі населенню технічної води без відповідної очистки та дезінфекції через пошкодження інженерних мереж. Така вода могла містити небезпечні патогенні мікроорганізми, що зумовлювало виникнення та поширення інфекційних хвороб. Додатковими ризиками для населення та довкілля стали масштабні лісові, степові та польові пожежі, спричинені вибухами боєприпасів або навмисними підпалами. Одночасно в багатьох населених пунктах уздовж лінії фронту робота аварійних та рятувальних служб була ускладнена чи навіть унеможливлена через безперервні обстріли.

Отже, воєнні дії в Україні призвели до формування умов для виникнення масштабних надзвичайних ситуацій із комплексними наслідками як у короткостроковій, так і довгостроковій перспективі.

У такій ситуації на функціональні та територіальні підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту було покладено низку завдань, що значно виходять за межі їхньої повсякденної діяльності, зокрема [2]:

- проведення роз'яснювальної та інформаційної роботи серед населення з питань дотримання правил безпеки під час повітряних тривог та виявлення вибухонебезпечних предметів, а також контроль за виконанням цих вимог;
- обстеження стану укриттів цивільного захисту в закладах освіти, у тому числі професійно-технічних;
- ліквідація наслідків застосування засобів ураження у населених пунктах, на територіях та водних об'єктах, включаючи гуманітарне розмінування звільнених від окупації територій, лісосмуг, транспортних об'єктів, сільськогосподарських угідь і водойм;
- здійснення заходів щодо відновлення функціонування критичної інфраструктури (водопостачання, електро-, газо- та тепlopостачання), пошкодженої внаслідок обстрілів;
- проведення рятувальних робіт, зокрема гасіння пожеж, пошуку та евакуації постраждалих з-під завалів житлових будинків, підприємств та торговельних комплексів;
- координація взаємодії з міжнародними організаціями для ліквідації наслідків воєнних дій.

### **Постановка проблеми**

Захист цивільного населення в умовах надзвичайної ситуації (НС) воєнного характеру є пріоритетом дій органів державної влади та місцевого самоврядування, а також сил сектору безпеки і оборони. Організація управління, взаємодії та інформування органів управління та сил цивільного захисту, які залучаються до ліквідації наслідків такої НС, та визначення послідовності та обсягів організаційних і практичних заходів із реагування на неї та ліквідацію наслідків, строків виконання, відповідальних виконавців та необхідних для цього ресурсів реалізуються відповідно до плану цивільного захисту України на особливий період.

Перелік заходів захисту цивільного населення, які проводяться в умовах особливого періоду та збройних конфліктів від небезпек воєнного характеру та під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, спричинених застосуванням зброї, включає [3]:

- навчання населення діям в особливий період, функціональне навчання керівного складу та фахівців, діяльність яких пов'язана з організацією і здійсненням заходів захисту населення в особливий період;
- оповіщення населення про небезпеки, що виникають під час ведення воєнних дій або внаслідок цих дій;
- евакуація населення, матеріальних і культурних цінностей;
- укриття населення у захисних спорудах цивільного захисту;
- організація світломаскування;
- проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт з ліквідації наслідків ведення воєнних дій;
- гасіння пожеж, що виникають під час ведення воєнних дій;
- медична та психологічна допомога постраждалому населенню;
- виявлення та позначення небезпечних районів;
- знезараження та інші подібні методи захисту;
- життєзабезпечення постраждалих;
- заходи із забезпечення публічної (громадської) безпеки і порядку, безпеки дорожнього руху;
- забезпечення сталої роботи об'єктів життєзабезпечення, відновлення їх роботи;
- поховання загиблих;
- гуманітарна допомога;
- зниження на об'єктах економіки запасів небезпечних хімічно-, вибухо-, пожежонебезпечних речовин;
- участь у заходах з пошуку та знешкодження вибухонебезпечних предметів;

- участь у проведенні фортифікаційних робіт для Збройних сил України на тилкових рубежах оборони;
- організація виготовлення розпізнавальних знаків цивільного захисту та їх використання.

Єдина державна система цивільного захисту повинна повноцінно функціонувати й якісно реалізовувати поставлені завдання як у мирний, так і у воєнний час. Воєнний стан зумовлює значні зміни в умовах виконання завдань, що пов'язане з особливим правовим режимом, який вводиться на території держави у такому випадку [5].

### **1. Особливості здійснення евакуації мирного населення із зон ведення бойових дій**

Відповідно до чинного законодавства України, планування, організація і проведення евакуації та підготовка районів для розміщення евакуйованого населення і його життєзабезпечення покладається на місцеві державні адміністрації, органи місцевого самоврядування та керівників суб'єктів господарювання. Місцеві державні адміністрації завчасно планують заходи з евакуації населення із районів можливих збройних конфліктів у відповідних планах цивільного захисту на особливий період, де розроблено розділ що стосується евакуації населення у разі виникнення збройних конфліктів з районів можливих бойових дій у безпечні райони.

Законодавством України визначено, що рішення про проведення евакуації у разі виникнення загрози збройних конфліктів приймає Кабінет Міністрів України на підставі Указу Президента України про введення воєнного стану.

Законом України «Про правовий режим воєнного стану» визначено завдання органам військового командування (військовим адміністраціям) спільно із зацікавленими центральними та місцевими органами виконавчої влади забезпечити проведення евакуації населення, якщо виникає загроза життю або здоров'ю [5].

На підставі Указу Президента України від 24 лютого 2022 р. № 64 «Про введення воєнного стану в Україні» розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24 лютого 2022 р. № 179-р «Про організацію функціонування єдиної державної системи цивільного захисту в умовах воєнного стану» державну систему цивільного захисту приведено у готовність до виконання завдань в умовах воєнного стану. Зокрема цим розпорядженням зобов'язано керівників обласних військових адміністрацій забезпечити проведення евакуації населення у разі загрози або виникнення збройних конфліктів на території, на яку поширюється їх юрисдикція [1].

### **Дії ДСНС України під час масового переміщення людей в період збройної агресії**

Агресивні дії супротивника та швидка зміна воєнної обстановки не дали можливості місцевим органам виконавчої влади забезпечити проведення евакуації населення, відповідно до завчасно розроблених планів. Більшість населення самотійно покидали небезпечні території на власному транспорті, автомобілях знайомих та волонтерів, а також на евакуаційних потягах.

З метою забезпечення проведення евакуації населення в умовах фактичних бойових дій військовими адміністраціями спільно із органами місцевого самоврядування та ДСНС України було відпрацьовано алгоритм дій, а саме:

- здійснено оповіщення населення усіма доступними засобами про воєнну обстановку та оголошення про доцільність евакуації населення у безпечні райони;
- забезпечено постійне інформування населення про безпечні маршрути руху автомобільним транспортом;
- організовано стабільну роботу автозаправних станцій на маршрутах руху евакуаційних колон;
- спільно із Укрзалізницею організовано відправлення із населених пунктів, де існувала реальна загроза захоплення супротивником, безкоштовних евакуаційних потягів до безпечних регіонів;

– організовано спільно із громадськими організаціями, волонтерами на вокзалах та станціях, звідки здійснювалось відправлення евакуаційних потягів, транзитні пункти евакуації;

– у населених пунктах безпечних регіонів розгорнуто роботу координаційних штабів та центрів надання допомоги евакуйованим і внутрішньо переміщеним особам, які вирішували їхні соціально-побутові проблеми;

– розгорнуто на пунктах пропуску через кордон наметові табори для обігріву та тимчасового прихистку осіб, які вирішили покинути територію держави.

Рішенням Уряду створено Координаційний штаб з питань захисту прав дитини в умовах воєнного стану, положення про який затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 17 березня 2022 року № 302. Основною метою діяльності цього штабу було забезпечення координації роботи центральних та місцевих органів виконавчої влади, керівників закладів, у яких цілодобово перебувають діти, щодо організації евакуації дітей із небезпечних територій та створення безпечних умов для їхнього перебування на нових місцях. При цьому, особлива увага цього штабу приділяється питанням дотримання вимог законодавства при переміщенні зазначених категорій дітей за кордон.

### **Участь територіальних органів ДСНС України у забезпеченні евакуації мирного населення «гуманітарними коридорами»**

З метою сприяння координації діяльності центральних та місцевих органів виконавчої влади, інших державних органів, органів місцевого самоврядування, військових формувань, утворених відповідно до законів та громадських об'єднань, створено Координаційний штаб з питань проведення обов'язкової евакуації населення в умовах воєнного стану.

Слід зазначити, що центральними і місцевими органами виконавчої влади накопичено певний досвід з реалізації специфічних заходів в умовах гібридної агресії 2014-2015 років, щодо збору та евакуації населення, а також всебічного забезпечення його переміщення під час проведення антитерористичної операції на території Луганської та Донецької областей.

На підставі накопиченого досвіду розроблено та прийнято Закон України «Про забезпечення прав і свобод внутрішньо переміщених осіб», який регламентує захист та надання гуманітарної допомоги громадянам України, які змушені покинути (залишити) своє місце проживання з метою уникнення негативних наслідків збройного конфлікту та надзвичайних ситуацій.

Для комплексного вирішення завдань із надання гуманітарної допомоги цивільному населенню під час збройних конфліктів в Україні було створено Міністерство з питань реінтеграції тимчасово окупованих територій України.

Керуючись вимогами пункту 8<sup>1</sup> частини другої статті 22 Кодексу цивільного захисту України [4] щодо участі сил цивільного захисту у проведенні евакуації населення у разі виникнення або загрози надзвичайної ситуації, а також із зон збройних конфліктів (районів можливих бойових дій) в безпечні райони заступником Голови ДСНС України дано доручення від 05.08.2022 № В-468 керівникам ГУ ДСНС України в областях та в м. Києві стосовно участі особового складу у реалізації заходів з евакуації. З огляду на зазначене територіальними органами ДСНС України організовано взаємодію з військовими адміністраціями, які приймають рішення та організують проведення евакуації населення у разі загрози або виникнення збройних конфліктів на території, на яку поширюється їх юрисдикція.

При цьому, фахівці ДСНС України відповідно до норм міжнародного гуманітарного права [7] забезпечували супровід евакуаційних колон за маршрутами гуманітарних коридорів. Так було здійснено супровід евакуаційних колон, якими евакуйовано близько 352 тис. осіб, розгорнуто на шляхах евакуації 130 пунктів прийому громадян, в яких надано допомогу 256 тис. особам.

Відповідно до норм міжнародного гуманітарного права фахівцями ДСНС України було забезпечено супровід евакуаційних колон за маршрутами гуманітарних коридорів, за необхідності здійснюється обстеження маршрутів на наявність вибухонебезпечних предметів

та їх розмінування, а також надається різноманітна допомога населенню, у тому числі психологічна [9].

Також спільно із громадськими організаціями та волонтерами було розгорнуто пункти обігріву та харчування для евакуйованого населення.

Організовувалось на пунктах посадки і висадки евакуйованого населення надання допомоги маломобільним групам населення (особи з інвалідністю, багатодітні сім'ї, вагітні жінки та особи похилого віку).

Проведено розрахунки сил і засобів територіальних органів ДСНС України, що залучаються до реалізації заходів з евакуації населення та забезпечено їх готовність.

### **Забезпечення супроводу евакуаційних колон гуманітарними коридорами із районів ведення бойових дій у безпечні райони**

Для комплексного вирішення завдань надання гуманітарної допомоги цивільному населенню під час збройних конфліктів за дорученням Прем'єр-міністра України від 04.03.2022 №7116/0/1-22, забезпечення організації евакуації цивільного населення «гуманітарними коридорами» (з населених пунктів, які тимчасово перебувають під контролем супротивника) покладено на віце-прем'єр-міністра України, міністра з питань реінтеграції тимчасово окупованих територій України у тісній взаємодії із зацікавленими центральними органами виконавчої влади, Міжнародним комітетом Червоного Хреста, військово-цивільними адміністраціями, ДСНС України, Національною поліцією та ЗСУ.

У зв'язку із небезпечною ситуацією, що склалася внаслідок нападу російських військ, більшість населення самостійно покидали небезпечні території на власному транспорті, автомобілях знайомих та волонтерів, а також на евакуаційних потягах.

Із населених пунктів, де існувала реальна загроза їх захоплення супротивником, здійснювалось відправлення безкоштовних евакуаційних потягів та евакуаційних автомобільних колон до безпечних регіонів (районів).

Особлива увага у ході евакуації приділяється дітям, які зараховані на цілодобове перебування до закладів різних типів, форм власності та підпорядкування або проживають в таких закладах.

Кабінет Міністрів України прийняв рішення про проведення обов'язкової евакуації населення Донецької області до безпечних місць на території інших областей України. В першу чергу обов'язковій евакуації підлягали жінки, діти та люди з інвалідністю.

Територіальні органи та підрозділи ДСНС України у Донецькій області брали активну участь в організації та здійсненні заходів з евакуації населення.

Виїзд громадян в безпечні регіони держави було організовано автомобільним транспортом та евакуаційними потягами. Крім того, слід зазначити, що не все населення евакуювалося в безпечні регіони, частина залишалася в населених пунктах Донецької області та реєструвалася в органах соціального захисту населення, як внутрішньопереміщені особи.

Для виконання заходів з евакуації населення на території населених пунктів Донецької області залучалися: 15 пасажирських автобусів, переданих у тимчасове користування до Головного управління органами місцевого самоврядування; 13 автомобілів швидкої медичної допомоги, що були надані Донецьким обласним центром екстреної медичної допомоги та медицини катастроф; 3 автомобілі швидкої медичної допомоги, що були надані ДСНС України; 1 броньований автомобіль Кра3-5233BE, який відряджений до Донецької області для здійснення заходів з евакуації, безпосередньо із зони бойових дій. Крім того, на залізничних станціях, автобусних вокзалах, біля адміністративних будівель місцевих органів виконавчої влади особовий склад Головного управління ДСНС України постійно залучається до заходів з надання допомоги населенню, що евакуюється [9].

З 24 лютого з окупованих територій Запорізької та Донецької областей в супроводі ДСНС України евакуйовано до Запоріжжя понад 141 тисячі осіб, з них 38 тисяч дітей, доставлено більш ніж 500 тонн гуманітарних вантажів.

Окрім виконання основних завдань, які покладені на територіальні підрозділи ДСНС України, додалися ще й специфічні, що пов'язані із наданням допомоги населенню, яке постраждало від військової агресії.

Представники ДСНС України супроводжували евакоколони з Оріхова, Гуляй-поля, Токмака, Бердянська і Маріуполя. Через десятки ворожих блок-постів, часто ризикуючи власним життям, рятувальникам вдалося допомогти тисячам громадян, серед яких діти, жінки та інваліди, дістатися до Запоріжжя. Перша гуманітарна колона для евакуації мирного населення рушила у напрямку міста Бердянськ 12 березня. Тоді на підконтрольній Україні території вдалося доправити 500 громадян.

Представники органів та підрозділів ДСНС України брали участь в евакуації людей з території заводу «Азовсталь» [9].

До усіх небезпек, які пов'язані із безпосередньою ворожою агресією, додавалися ще й випробування, спричинені несприятливими погодними умовами, яким треба було теж протистояти. Одним із таких випробувань стала так звана «Дорога життя». Це відрізок дороги поблизу села Кам'янське, де аби продовжити рух до пункту призначення в обласний центр, потрібно об'їжджати по бездоріжжю. В одній із таких поїздок рятувальники дісталися цього відрізка уночі, але напередодні пройшов сильний дощ. Потрібно було висадити громадян і перевести їх пішки на тверде покриття автошляху. Тим часом рятувальники буксирували автобуси. У будь-який момент могли розпочатися обстріли, тому існувала реальна загроза для життя людей. Силами особового складу громадян вдалося швидко перевести у безпечне місце і жодна людина не постраждала [9].

Кількох жителів особовий склад підрозділів ДСНС України вивіз із села Водяне Покровського району. Їм, а також мешканцям інших громад області, службовці допомогли дістатися пункту збору та реєстрації, що діяв у місті Покровську. Людям із обмеженими фізичними можливостями забезпечили супровід до вагонів евакуаційних поїздів.

Також особовий склад із зони активних бойових провів евакуацію 9 осіб, з них 5 осіб з обмеженими фізичними можливостями (міста Авдіївка селище Первомайське та смт. Нью-Йорк) 8 осіб (з с. Карлівка Покровського району).

Під час евакуації в містах Дружківка та Торецьк було надано допомогу 42 особам, з них 9 дітей та 4 особи з обмеженими фізичними можливостями.

У ході евакуації в Покровському районі надана допомога 292 особам, з них 35 дітей та 12 осіб з обмеженими фізичними можливостями.

Надано допомогу під час перевезення з пункту збору та реєстрації до місця посадки в евакуаційні потяги та автобуси в містах Дружківка, Покровськ і Бахмут.

У ході евакуації в місті Краматорськ було надано допомогу 23 особам, з них 2 дитини та 7 осіб з обмеженими фізичними можливостями.

Особовий склад рятувальних підрозділів ДСНС України Донеччини у межах обов'язкової евакуації забезпечував виїзд населення до безпечних місць.

У Запорізькій області з початком війни було визначено 4 зелених коридори для доставки гуманітарних вантажів та евакуації з окупованих територій населення, а саме: Енергодар-Запоріжжя, Мелітополь-Запоріжжя, Бердянськ-Запоріжжя та Пологи-Запоріжжя.

На всіх напрямках технікою Головного управління ДСНС України забезпечувався супровід колон. Попри російські обстріли підрозділи Головного управління ДСНС України у Запорізькій області надавали допомогу у забезпеченні евакуації мирного населення особистим (залученим цивільним) транспортом через зруйнований міст біля с. Кам'янське у «сірій зоні», шляхом застосування тягачів ДСНС України для витягання застряглих машин [9].

Всього з 24 лютого з окупованих територій Запорізької та Донецької областей в супроводі ДСНС України евакуйовано до м. Запоріжжя понад 141 тис. чоловік, з них 38 тис. дітей та доставлено до міст призначення на окупованій території більш 500 тонн гуманітарних вантажів.

В Луганській області у зв'язку зі швидким наступом з території російської федерації та ОРДЛО, більшість території Щастинського, Старобільського та Сватівського районів була

окупована в перші дні війни, тому в цих районах організована евакуація населення не проводилась, крім Северодонецького району.

Луганська обласна військова адміністрація за участю підрозділів Головного управління ДСНС України в Луганській області організувала надання гуманітарної допомоги та евакуацію населення з міст Попасна, Лисичанськ, Бахмут. Взято участь у організації евакуаційного потяга з міста Лисичанськ. Після окупації російськими військами міст Рубіжне та Кременна на початку березня евакуація цим маршрутом припинилась. Було організовано інший залізничний маршрут евакуації з міста Попасна до міста Лиман (Донецька область), але через постійні обстріли евакуаційна станція була перенесена до станції Новозолотарівка. Всього було евакуйовано близько 60 500 осіб [9].

З середини березня місцеві органи влади, за участю співробітників ДСНС України, організували евакуацію населення з міст Северодонецьк, Лисичанськ, Рубіжне, Попасна, Кременна, Гірське та Золоте автомобільним транспортом.

Незважаючи на перманентне застосування різноманітних військових засобів ураження з боку військових формувань російської федерації по населених пунктах і об'єктах Луганської області значна частина її мешканців відмовилася від евакуації до безпечних районів. Співробітники ДСНС України роз'яснювали населенню необхідність евакуйовуватися у безпечні райони.

У місті Київ починаючи з 24 лютого 2022 року мешканці столиці евакуйовувались самостійно, використовуючи залізничний, автобусний та власний транспорт.

Залізничники та керівники автобусних маршрутів прийняли рішення перевозити евакуйоване населення безкоштовно.

Підрозділи ГУ ДСНС України у м. Києві зустрічали населення з окупованих територій України на центральному залізничному вокзалі та надавали медичну і психологічну допомогу людям, які перебували в зоні бойових дій, інформували їх про розташування найближчих укриттів цивільного захисту.

Співробітники підрозділів ГУ ДСНС України у м. Києві пропонували населенню прослідувати до автобусів, якими здійснювалась доставка людей до центрального залізничного вокзалу для евакуації за кордон, частина людей відмовлялась від евакуації, оскільки евакуйовувались особистим автотранспортом.

У Київській області з території Бучанського району за участі підрозділів ДСНС України певний час евакуація населення здійснювалась за допомогою залізничного та автомобільного транспорту. Було визначено 2 збірних пункти евакуації – у с. Білогородка (ринок) і район академістечка по вул. Наумова м. Києва.

Були випадки влучання боєприпасів в рухомий склад, що призвело до неможливості продовжувати подальший рух, людям доводилось пішки йти по залізничних коліях у відносно безпечне місце. Зокрема, такий випадок трапився між залізничними станціями м. Ірпінь та станції Біличі.

Поряд з цим підрозділи також вивозили людей із окупованих територій, використовуючи наявну техніку, в першу чергу САРМи, які супроводжували колони автобусів у відповідній кількості (середня кількість автобусів – 10) [9].

Були випадки відмови громадян від евакуації. Співробітникам підрозділів ДСНС України доводилось переконувати громадян у необхідності евакуації, застосовуючи різні методи: наведення прикладів зв'язного відношення окупантів до місцевих жителів, пояснення це тимчасовою необхідністю для успішного виконання завдань із захисту України військовими ЗСУ (наявність цивільних людей заважає військовим в повній мірі виконувати свої завдання), переконання людей у тому, що вони не будуть залишені наодинці, що їх готові прийняти і надати допомогу у відповідних містах, областях тощо [9].

Першочерговим завданням була евакуація населення літньої категорії (будинки пристарілих), дитячі будинки (інтернат м. Ворзель). Евакуація населення відбувалась колонами автобусів за маршрутами, розробленими КОДА за участю співробітників ДСНС України через Романівський міст, розташований в районі села Романівка поблизу м. Ірпіня, що перетинає річку

Ірпін'я і був зруйнований наприкінці лютого 2022 року. Під'їзд до мосту був ускладнений тим, що велику кількість (орієнтовно 500 одиниць) особистих транспортних засобів жителів міста та прилеглих селищ було кинуте на проїжджій частині. Отже, доводилося доставляти (транспортувати) маломобільні групи населення підручними засобами (ковдри, покривала, ноші тощо).

У Житомирській області рішенням обласної комісії з питань евакуації з метою оперативного проведення заходів з евакуації в умовах особливого періоду органи з евакуації райдержадміністрацій і міськвиконкомів переведені у режим функціонування в умовах особливого періоду.

Комісія з питань евакуації області, спільно з ГУ ДСНС України у Житомирській області та органи військового командування визначили відповідні маршрути евакуації, сили та засоби забезпечення проведення евакуації населення. Для розміщення населення з північних районів області було визначено безпечні райони у 21 територіальній громаді Житомирського району та 9 територіальних громадах Бердичівського району [9].

Загалом, з початку вторгнення, евакуйовано та організовано переміщено за межі області залізницею та автомобільним транспортом близько 103,0 тис. осіб цивільного населення.

Самостійно залишили межі області власним транспортом близько 160,0 тис. осіб.

В Одеській області підрозділи Головного управління ДСНС України брали участь у проведенні евакуації населення з місць завдання противником ракетних ударів, відселення мешканців зі зруйнованих та пошкоджених будинків та надання їм тимчасового помешкання.

У Миколаївській області у період загострення ситуації в прилеглих до зони бойових дій населених пунктах, фахівці Головного управління ДСНС України спільно з військовослужбовцями оперативного командування «Південь» здійснювали екстрену евакуацію мешканців цих населених пунктів. Заходи проводилися під майже безперервними обстрілами. Вивезено та розміщено у пунктах прийому 345 внутрішньо переміщених осіб, серед них 212 осіб похилого віку, 49 дітей, 11 осіб з обмеженими фізичними можливостями [9].

Головне управління організувало та проводило евакуацію працівників та членів їх сімей, за бажанням, до інших регіонів.

У Сумській області Міністерством з питань реінтеграції тимчасово окупованих територій України були погоджені гуманітарні коридори для евакуації мешканців області за маршрутом Суми – Полтава.

Сумською обласною державною адміністрацією спільно з органами місцевого самоврядування та підрозділами Головного управління ДСНС України у період дії затверджених гуманітарних коридорів: 8-10, 12, 15 та 18 березня 2022 року була організована евакуація мешканців міста Суми та області, які побажали та мали можливість виїхати за межі території області, до Полтавської області. Загалом з області виїхало близько 300 тис. осіб.

Черкаська обласна військова адміністрація, спільно з органами місцевого самоврядування та Головним управлінням ДСНС України у Черкаській області організувала зустрічі внутрішньо переміщених осіб із районів бойових дій.

У Чернігівській області підрозділи Головного управління ДСНС України надавали допомогу у проведенні евакуації населення з окупованих населених пунктів, які зазнали обстрілів з боку агресора, а також супроводжували евакуаційні колони зеленими коридорами. Поряд з тим, були випадки, коли люди відмовлялися покидати власні будинки. Це були здебільшого маломобільні групи людей та особи похилого віку. Людям, які виявили бажання евакуюватись, допомагали зібратись, дістатись евакуаційних автобусів та надавали психологічну допомогу. Евакуація здійснювалась лише приватним транспортом або ж транспортом волонтерських організацій [9].

У Кіровоградській області обласна військова адміністрація, спільно з органами місцевого самоврядування та Головним управлінням ДСНС України вживала заходів для зустрічі внутрішньо переміщених осіб з Донецької області. З початку оголошення

обов'язкової евакуації населення Донецької області (01.08.2022 року) на території Кіровоградської області розміщено 3470 осіб, із них 151 маломобільну особу та 810 дітей.

З початку оголошення обов'язкової евакуації населення Донецької області на територію Кіровоградської області прибуло 34 поїзди та розміщено 3865 осіб, із них 171 маломобільна особа та 879 дітей. З метою оперативного реагування на потреби людей, що постраждали від російської агресії у Кіровоградській області при обласній військовій адміністрації було створено обласний штаб з роботи з внутрішньо переміщеними особами, основною задачею якого є розселення людей на об'єктах комунальної та приватної власності, які розташовані на території Кіровоградської області.

У Тернопільській області підрозділи та фахівці Головного управління ДСНС України разом із місцевими органами виконавчої влади та органів місцевого самоврядування Тернопільської області брали участь у організації приймання та розміщення внутрішньопереміщених осіб з регіонів, де ведуться активні бойові дії, та їхнього життєзабезпечення.

Участь територіальних органів та підрозділів ДСНС України у проведенні евакуації населення із районів ведення бойових дій у безпечні райони дала змогу покращити управління евакуацією населення та зменшити терміни її проведення [9].

Евакуація населення в умовах правового режиму воєнного стану у безпечні райони планується, забезпечується і проводиться у взаємодії з мобілізаційними підрозділами місцевих органів виконавчої влади (органів місцевого самоврядування) і органами військового управління та погоджується з заходами (планами) щодо переведення економіки держави на роботу в умовах воєнного часу, мобілізаційного розгортання військ, військових формувань, спеціальних формувань охорони здоров'я в частині використання транспорту і транспортних комунікацій, матеріально-технічних засобів, забезпечення людськими ресурсами, фінансуванням, а також вирішення питань розміщення населення, яке евакуйоване у безпечні райони, і забезпечення його життєдіяльності [9].

## **2. Проблеми щодо організації укриття населення в захисних спорудах цивільного захисту**

Статтями 19 та 20 Кодексу цивільного захисту України [4] передбачено, що місцеві органи виконавчої влади та місцевого самоврядування (суб'єкти господарювання) повинні виконувати вимоги законодавства щодо створення, зберігання, утримання, використання та реконструкції фонду захисних споруд цивільного захисту, ведення його обліку.

В мирний час укриття забезпечується в сховищах, протирадіаційних укриттях, спорудах подвійного призначення із захисними властивостями сховища або протирадіаційного укриття. В особливий період, крім зазначених вище, також в швидкостроєних сховищах або протирадіаційних укриттях та найпростіших укриттях.

З початку повномасштабного вторгнення на комісіях з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій, рада оборони усіх рівнів розглядалися питання укриття населення та приймалися рішення щодо покращення в цьому напрямку. Так на позачерговому засіданні Державної комісії ТЕБ та НС від 29.07.2022 № 8 приймалися рішення щодо визначення потреби, нарощування фонду захисних споруд цивільного захисту (ЗС ЦЗ), приведення у готовність наявних споруд, інформування населення. Крім того, згідно з Законом України від 29.07.2022 № 2486-ІХ також визначено ряд основних напрямів щодо забезпечення населення засобами колективного захисту. На їх виконання місцевими органами виконавчої влади проведені розрахунки необхідної кількості укриттів, затверджені плани розміщення укриттів та населення у фонді, приведено у готовність наявні ЗС ЦЗ, де це можливо.

Для нарощення фонду місцеві органи виконавчої влади (МОВВ) та органи місцевого самоврядування (ОМС) здійснюють комплекс заходів щодо будівництва ЗС ЦЗ, реконструкції та дообладнання наявних будівель, споруд, приміщень під об'єкти фонду.

Особливого поширення набули первинні укриття в місцях масового скупчення людей, особливо на зупинках громадського транспорту. Нормативне врегулювання таких об'єктів

здійснюється згідно з ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту» [11], затвердженими наказом Мінрегіону від 10 серпня 2023 р., які вже набрали чинності з 1 листопада 2023 р. Ці норми імплементують досвід іноземних держав у сфері інклюзивного проектування укриттів.

Центральними органами виконавчої влади (ЦОВВ) здійснено комплекс заходів щодо приведення об'єктів фонду ЗС ЦЗ, які перебувають в їхньому управлінні, в готовність до використання за призначенням. Проте, триває робота із нарощування фонду з метою охоплення більшої кількості населення.

Зокрема, триває робота із облаштування найпростіших укриттів, будівництва швидко споруджуваних ЗС ЦЗ, капітальних та поточних ремонтів не готових ЗС ЦЗ з метою укриття персоналу та хворих у закладах охорони здоров'я, учасників освітнього процесу у закладах освіти усіх форм власності.

Станом на середину-кінець 2023 року 67,8 % навчальних закладів забезпечені укриттями, що становить понад 19 тисяч об'єктів. Це дало можливість укрити 56,3 % учасників освітнього процесу. За іншими джерелами, вже на початок 2024 року показники значно вищі – 88 %/93 %, а до кінця 2024 року очікувалося охоплення  $\approx$  75-80 % шкіл. На початок 2024 року, за даними уряду 88 % шкіл та 93 % учнів і вчителів було забезпечено укриттями.

За інформацією Міністерства освіти і науки України, станом на квітень 2025 року укриттями забезпечені 90 % закладів загальної середньої освіти. Це становить 11 029 захисних споруд, які дозволяють проводити освітній процес для 12 250 шкіл. Повністю (100 %) забезпечені укриттями заклади професійно-технічної освіти (728 споруд на 539 закладів) та фахової передвищої освіти (1 724 споруди для 882 коледжів і технікумів).

Поряд з цим, заступниця міністра освіти Надія Кузьмичова повідомила, що до 1 вересня 2025 в Україні буде побудовано 140 підземних укриттів, оснащених для навчального процесу (з розбиттям на класи). Уже розглянуто 111 проєктів з 280 заявлених, та деякі з завершених із 2024 року (40 %) добудують у 2025 році.

Загалом робота місцевими органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування триває:

- обладнуються табличками місця розташування об'єктів фонду та вказівними знаками (показниками) шляхи слідування до них;
- об'єкти фонду оснащуються необхідним майном, медичними та лікарськими засобами, продуктами харчування та питною водою;
- розробляються інструкції з порядку укриття в об'єктах фонду, розробляються схеми маршрутів руху до найближчих споруд, проводиться навчання з порядку дій у разі отримання відповідних сигналів (повідомлень) оповіщення;
- коригуються інтерактивні карти та переліки із інформацією про місця розташування об'єктів фонду;
- забезпечуються об'єкти фонду доступом до мережі Інтернет тощо.

#### **Заходи із визначення потреби в об'єктах фонду захисних споруд цивільного захисту**

Потреба у фонді ЗС ЦЗ визначається:

- на об'єктах суб'єктів господарювання – незалежно від форми власності та відомчої належності для укриття найбільшої працюючої зміни;
- закладах охорони здоров'я – укриття нетранспортабельних хворих, які не підлягають евакуації або не можуть бути евакуйовані в безпечний район у разі виникнення НС мирного часу або в особливий період;
- в населених пунктах – укриття всього працюючого та непрацюючого населення, яке не може бути евакуйоване в безпечний район у разі виникнення НС мирного часу або в особливий період.

Відсоток придатних до використання споруд – близько 85 % від загальної кількості (тобто понад 62 тисячі). Це означає, що близько 15 % об'єктів ( $\approx$  9 000 споруд) не готові до використання.

Споруди цивільного захисту та подвійного призначення можуть забезпечити укриття приблизно 17,5 % населення. Найпростіші укриття забезпечують ще 31,3 % населення. Разом вони охоплюють близько половини населення країни.

4 березня 2025 року Кабмін затвердив Стратегію розвитку фонду захисних споруд цивільного захисту на період до 2034 року та операційний план на 2025-2027 роки [15]. На першому етапі стратегії передбачено збільшення кількості об'єктів на 2 300 споруд через будівництво нових та адаптацію існуючих.

Також потреба в захисних спорудах визначається:

– у мирний час: у планах реагування на НС; у розділах інженерно-технічних заходів цивільного захисту (ІТЗ ЦЗ) схем планування території областей та районів, генеральних планів населених пунктів, планів зонування територій, схемах детальних планів території на мирний час; у розділах ІТЗ ЦЗ проектної документації об'єктів будівництва;

– на особливий період: у планах ЦЗ на особливий період; у розділах (схемах) ІТЗ ЦЗ містобудівної документації на особливий період.

**Заходи із нарощування фонду захисних споруд цивільного захисту та ведення його обліку**

Фонд захисних споруд цивільного захисту створюється:

– міністерствами, іншими центральними органами виконавчої влади;

– Радою міністрів Автономної Республіки Крим, обласними, районними, Київською та Севастопольською міськими держадміністраціями;

– органами місцевого самоврядування;

– суб'єктами господарювання.

Повноваження органів державної влади, адміністрацій підприємств щодо створення та використання фонду захисних споруд:

– КМУ – визначає державну політику щодо створення та використання фонду ЗС ЦЗ, щорічно затверджує перелік ЗС ЦЗ, які необхідно будувати за державні кошти, категорії населення, які підлягають укриттю в ЗС ЦЗ;

– ДСНС України – реалізує державну політику щодо фонду ЗС ЦЗ, здійснює державну експертизу проектів будівництва, реконструкції та переобладнання ЗС ЦЗ, державний нагляд і контроль щодо ФЗС, веде облік та реєстр фонду ЗС ЦЗ;

– ЦОВВ – визначають потребу у ЗС ЦЗ, ведуть облік та організовують проведення інвентаризації фонду ЗС ЦЗ та списання непридатних ЗС ЦЗ;

– Фонд Державного майна України – веде облік ЗС ЦЗ та їх обладнання, як державного майна, яке не увійшло до статутних фондів господарських товариств;

– регіональні та місцеві ОВВ – забезпечують реалізацію державної політики щодо фонду ЗСЦЗ, визначають потребу у ЗС ЦЗ, ведуть облік ЗС ЦЗ, організовують заходи щодо інвентаризації та списання непридатних ЗС ЦЗ;

– підприємства – створюють ЗС ЦЗ (найбільша працююча зміна); забезпечують зберігання та готовність ЗС до використання; здійснюють облік ЗС.

Будівництво захисних споруд та споруд подвійного призначення здійснюється відповідно до ДБН у сфері цивільного захисту: ДБН В.2.2-5:2023, ДБН 1.2-4:2019 та інших нормативних документів.

Пристосування (реконструкція, реставрація, капітальний ремонт) відповідно до ДБН, що встановлюють вимоги до планування територій, проектування та будівництва споруд різного призначення, зокрема метрополітенів, підземних автостоянок та паркінгів.

До споруд подвійного призначення та найпростіших укриттів належать:

– підземні переходи між станціями, тунелі (зокрема метрополітену);

– підземні склади, споруди котлового типу (автостоянки, паркінги, гаражі, підземні торговельні центри, підприємства громадського харчування, магазини);

– колишні оборонні об'єкти та бази;

– підземні гірські виробки, печери та інші підземні порожнини підвальні, цокольні і перші поверхи об'єктів цивільного і промислового призначення;

– інші об'єкти, що за своїми технічними характеристиками та захисними властивостями можуть бути використані для укриття населення.

**Алгоритм нарощування фонду захисних споруд цивільного захисту**

КРОК 1. Проведення інвентаризації (уточнення) наявного фонду засобів та ЗС ЦЗ, що можуть бути використані для організації укриття населення.

КРОК 2. Визначення потреб фонду ЗС ЦЗ з урахуванням фактичного стану наявних ЗСЦЗ (неготові та непридатні ЗС ЦЗ не враховуються як такі, що може бути використано для укриття населення).

КРОК 3. Задоволення потреб фонду ЗС ЦЗ.

КРОК 4. Організація обліку фонду ЗС ЦЗ.

КРОК 5. Реалізація організаційних та практичних заходів щодо приведення ЗС ЦЗ у готовність до використання за призначенням, їх подальшого утримання.

КРОК 6. Розподіл населення по спорудах фонду ЗС ЦЗ з урахуванням їх місткості, стану готовності та розташування на місцевості (з урахуванням нормативних радіусів збору навколо таких споруд).

КРОК 7. Інформування населення про розташування споруд фонду ЗС ЦЗ, правила їх зайняття та поведінку в них, дій у разі раптового початку бойових дій.

КРОК 1. Проведення інвентаризації (уточнення) об'єктів наявного фонду захисних споруд цивільного захисту, що можуть бути використані для організації укриття населення:

– уточнення переліків ЗС ЦЗ, споруд подвійного призначення (СПП) та найпростіших укриттів (НУ) що є на балансі (обліку) суб'єктів господарювання;

– отримання в місцевих державних адміністраціях копій облікових документів (паспортів та облікових карток) на ЗС ЦЗ;

– проведення оцінки стану готовності наявних ЗС ЦЗ зі складенням відповідних актів за формою згідно з додатком І 1 до Вимог щодо утримання та експлуатації ЗС ЦЗ (наказ МВС від 09.07.2018 № 579);

– визначення ЗС ЦЗ, не готових до використання за призначенням.

КРОК 2. Визначення потреб фонду захисних споруд цивільного захисту з урахуванням фактичного стану наявних ЗС ЦЗ (не готові та непридатні ЗС ЦЗ не враховуються як такі, що можуть бути використані для укриття населення).

1. Під час визначення потреб необхідно враховувати, що відповідно до вимог статті 32 Кодексу цивільного захисту України «Укриття населення у зонах спостереження АЕС», має забезпечуватися тільки у ЗС ЦЗ, що перебувають у постійній готовності до використання за призначенням. Враховуючи вищезазначене, планування укриття зазначених категорій населення в СПП не допускається.

2. У НУ планується укриття на особливий період усіх категорій населення, що не забезпечено ЗС ЦЗ та СПП із захисними властивостями відповідних СПП.

Відповідно до ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту» економічно обґрунтованими є будівництво сховищ місткістю не менше 150 осіб, ПРУ – не менше 50 осіб (мінімальна місткість ПРУ встановлена на рівні 5 осіб).

КРОК 3. Задоволення потреб фонду захисних споруд цивільного захисту.

Відповідно до вимог законодавства, створення фонду захисних споруд у СГ може здійснюватися шляхом:

– будівництва ЗС ЦЗ та СПП під час нового будівництва, а також шляхом пристосування (реконструкції) будівель (споруд, приміщень), що експлуатуються, під ЗС ЦЗ та СПП;

– обстеження та взяття на облік підземних і наземних будівель і споруд для встановлення можливості їх використання для укриття населення як СПП та НУ;

– будівництва в особливий період швидко споруджуваних захисних споруд та облаштування фортифікаційних споруд як найпростіших укриттів.

Щоб забезпечити укриття населення, треба вжити низку заходів. Розпочати слід з огляду та оцінки існуючих споруд – наскільки їх можливо використати як СПП та НУ. Під час цього процесу треба обстежити:

- підземні переходи між станціями (транспортні, станцій метрополітену);
- тунелі (станції метрополітену, автодорожні, магістральні, пішохідні);
- підземні склади;
- споруди котлованного типу (автостоянки, паркінги, гаражі, підземні торговельні центри, підприємства громадського харчування, магазини);
- колишні оборонні об'єкти та бази;
- підземні гірські виробки, печери та інші підземні порожнини різного призначення;
- підвальні, цокольні і перші поверхи об'єктів цивільного і промислового призначення;
- інші об'єкти, що за своїми технічними характеристиками та захисними властивостями можуть бути використані для укриття населення.

Органи місцевого самоврядування відповідно до визначених повноважень можуть утворювати постійні або тимчасові комісії з обстеження будівель і споруд, що належать до сфери їх управління, для встановлення можливості їх використання для укриття населення як СПП та НУ.

В особливий період нарощування фонду захисних споруд здійснюється шляхом будівництва швидкостроюваних ЗС ЦЗ та НУ відповідно до завдань ЦЗ, передбачених у планах ЦЗ на особливий період ОМС.

#### КРОК 4. Організація обліку фонду захисних споруд цивільного захисту.

Обліку підлягають усі захисні споруди, споруди подвійного призначення та найпростіші укриття на території України незалежно від форми власності.

Облік фонду захисних споруд здійснюють їх балансоутримувачі. ДСНС України веде загальнодержавний електронний облік захисних споруд.

Електронний облік захисних споруд є спеціальним програмним забезпеченням, яке призначене для збирання, обробки та зберігання інформації про захисні споруди незалежно від форми власності і формується на підставі даних документального обліку захисних споруд.

Центральні і місцеві органи виконавчої влади подають щороку до 1 грудня ДСНС України узагальнену інформацію про наявний фонд захисних споруд у паперовому та електронному вигляді.

Захисним спорудам, що вперше включаються до фонду захисних споруд, а також захисним спорудам, яким номер раніше не було присвоєно або їх номер складається менше ніж з п'яти цифр, присвоюються облікові номери в межах номерного ряду захисних споруд цивільного захисту.

Ведення обліку фонду захисних споруд здійснюється шляхом складення в паперовій формі паспорта та облікової картки захисної споруди, а також ведення в паперовій та електронній формі книги обліку захисних споруд і книги обліку споруд подвійного призначення та найпростіших укриттів.

Для організації ведення обліку захисних споруд на галузевому рівні балансоутримувач захисних споруд, що перебувають у державній власності, подає міністерствам, іншим центральним органам виконавчої влади, у сфері управління яких перебувають захисні споруди, копії паспортів та карток з відмітками про присвоєння захисним спорудам облікових номерів.

Споруди подвійного призначення ставляться на облік після їх уведення в установленому порядку в експлуатацію на підставі документів, передбачених постановою Кабінету Міністрів України від 13 квітня 2011 року № 461, та технічного паспорта, складеного за результатами проведення їх технічної інвентаризації, як об'єктів нерухомого майна.

Найпростіші укриття ставляться на облік на підставі акта огляду об'єкта (будівлі, споруди, приміщення) щодо можливості його використання для укриття населення як найпростішого укриття.

Рекомендації щодо оформлення облікових документів на захисні споруди (наказ МВС України від 09 липня 2018 року № 579 «Про затвердження вимог з питань використання та обліку фонду захисних споруд цивільного захисту» (Вимоги)):

1. Облікова картка на захисну споруду складається у трьох примірниках:
  - перший знаходиться у балансоутримувача (власника) захисної споруди;

– другий надається до структурного підрозділу з питань надзвичайних ситуацій відповідної державної адміністрації (органу місцевого самоврядування);

– третій надається до структурного підрозділу з питань надзвичайних ситуацій відповідної обласної державної адміністрації (Ради міністрів Автономної Республіки Крим або міської державної адміністрації м. Києва та Севастополя).

2. Паспорт на захисну споруду складається у двох примірниках:

– перший примірник знаходиться у балансоутримувача (власника) захисної споруди;

– другий примірник надається до структурного підрозділу з питань надзвичайних ситуацій відповідної державної адміністрації (органу місцевого самоврядування).

3. Копія паспорта на захисну споруду, завірена керівником підприємства, надається до структурного підрозділу з питань надзвичайних ситуацій відповідної обласної державної адміністрації (Ради міністрів Автономної Республіки Крим або міської державної адміністрації міст Києва та Севастополя).

Також копії паспортів та облікових карток, завірені керівником підприємства, надаються до міністерства (іншого центрального органу виконавчої влади, державного органу чи установи), до сфери управління якого належить підприємство, на балансі (утриманні) якого знаходяться захисні споруди, або якому надано право управління державною часткою майна статутного фонду господарського товариства, створеного шляхом корпоратизації (приватизації), на балансі (утриманні) якого залишилися захисні споруди державної власності.

4. Книги обліку захисних споруд ведуться структурними підрозділами з питань надзвичайних ситуацій відповідного органу виконавчої влади міста (району), області (Автономної Республіки Крим, міст Києва та Севастополя).

5. Інформація, що наведена у книгах обліку захисних споруд та їх облікових картках, заноситься до електронних баз обліку захисних споруд, які ведуться територіальними органами ДСНС України.

КРОК 5. Реалізація організаційних та практичних заходів щодо приведення захисних споруд цивільного захисту у готовність до використання за призначенням, їх подальшого утримання.

Для виконання цього кроку передбачається складання та затвердження планів:

– приведення ЗС ЦЗ у готовність за призначенням;

– ремонту ЗС ЦЗ;

– прийняття рішень та програм розвитку фонду ЗС ЦЗ, внесення відповідних змін до існуючих цільових програм, що діють у сфері ЦЗ та/або соціально-економічного розвитку ТГ, а також рішень щодо організації укриття населення у фонді ЗС ЦЗ тощо;

– створення формувань (призначення відповідальних осіб) з утримання та обслуговування фонду ЗС ЦЗ, організація їх підготовки;

– встановлення показників місця розташування споруд фонду ЗС ЦЗ;

– утримання та експлуатація, забезпечення необхідним майном, оцінювання ЗС ЦЗ щодо їх готовності до використання за призначенням здійснюється їх балансоутримувачами відповідно до Вимог щодо утримання та експлуатації ЗС ЦЗ.

Основні недоліки в утриманні ЗС ЦЗ, що погіршують стан їх готовності надано у додатку 13 до Вимог. Форму плану приведення ЗС ЦЗ у готовність до використання за призначенням – у додатку 14. Таблиця періодичності проведення планових ремонтів ЗС ЦЗ – у додатку 15. Зразок оформлення плану ремонту ЗС ЦЗ – у додатку 16. Примірні схеми організації формувань з обслуговування ЗС ЦЗ надано у додатку 9. Зразки табличок позначення ЗС ЦЗ, показників маршруту руху до них надано у додатку 1 до вищезазначених Вимог.

КРОК 6. Розподіл населення по спорудах фонду захисних споруд цивільного захисту з урахуванням їх місткості, стану готовності та розташування на місцевості (з урахуванням нормативних радіусів збору навколо таких споруд).

Для обґрунтування пропозицій про подальше використання ЗС ЦЗ її балансоутримувач здійснює підготовку необхідних матеріалів.

У разі потреби може створюватися комісія з огляду та підготовки пропозицій щодо подальшого використання захисної споруди, до складу якої залучаються необхідні фахівці (за згодою).

*КРОК 7. Інформування населення щодо місць розташування споруд фонду захисних споруд цивільного захисту, правил їх зайняття та поведінки у них, дій у разі раптового початку бойових дій.*

Для виконання цього кроку потрібно не лише ознайомити населення з необхідною інформацією, але й провести з ними навчальні заняття та тренування, щоб кожен не лише знав порядок дій та місцезнаходження ЗС ЦЗ, але й вмів діяти належним чином у випадку оголошення тривоги.

#### **Нові вимоги до будівництва захисних споруд цивільного захисту**

В Україні після війни докорінно зміниться концепція забудови житла. Держава розробляє нові будівельні норми, основою яких є укріплені підземні паркінги і бомбосховища та модульні рішення в архітектурі.

За основу будівництва нового житла в Україні взяли ізраїльський досвід. Ця країна вже не одне десятиліття живе у стані війни. Не дивно, що в Ізраїлі навчилися будувати практичне житло, що поєднує вимоги комфорту і міцності. Такі будинки там зводять із 2004 року. У кожному будинку обладнаний міцний підземний паркінг і бомбосховище.

В Україні мають намір запозичити цей досвід. Розроблять нові будівельні норми, якими передбачать будівництво укріпленого бомбосховища під кожним будинком. Ця вимога прописана у нормативних документах:

– закон України від 24 серпня 2022 року №2486-ІХ «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо забезпечення вимог цивільного захисту під час планування та забудови територій»;

– ДСТУ 9195:2022 «Швидко споруджувані захисні споруди цивільного захисту модульного типу. Основні положення».

Загальна характеристика захисних властивостей таких укриттів: захист від прямого попадання 155 мм боєприпасів; від впливу вибухової хвилі – до 3 кг/см<sup>2</sup>; від радіоактивного пилу та випромінювання; від високої температури при пожежі; від бойових газів (зарин, новичок, іприт, фосген, V-гази).

#### **Рекомендації з адаптації об'єктів фонду захисних споруд цивільного захисту до потреб осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення**

В умовах зростання ризиків надзвичайних ситуацій та військових загроз в Україні особливої актуальності набуває питання доступності об'єктів фонду захисних споруд цивільного захисту для всіх категорій населення. Серед них – особи з інвалідністю та інші маломобільні групи, для яких наявність архітектурних та інформаційних бар'єрів унеможливує або значно ускладнює своєчасне укриття.

Рада безбар'єрності є ключовим координатором інтеграції інклюзивних підходів у сфері цивільного захисту. Її ініціативи, зокрема «Інформація без бар'єрів» та «Робота без бар'єрів», формують стратегічну рамку для усунення бар'єрів не лише у сфері працевлаштування чи освіти, а й у безпековій інфраструктурі.

Ключовим документом, що регламентує інклюзивність об'єктів будівництва, є ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд», який встановлює вимоги до параметрів пандусів, евакуаційних шляхів, зон безпеки та систем оповіщення.

Зокрема:

– пандуси з нахилом не більше 8 % (1:12) та поручнями на висоті 0,7 – 0,9 м;

– евакуаційні шляхи шириною не менше 0,9 м, проходи – від 1,2 м, основні коридори – від 1,8 м;

– пожежобезпечні зони з розрахунком площі 2,40 – 2,65 м<sup>2</sup> на одну особу в кріслі колісному або з супроводжувачем;

– комбіновані системи оповіщення (звукові, світлові, тактильні).

Важливим орієнтиром є Розпорядження КМУ № 1073-р. від 14.12.2016, яким передбачено адаптацію існуючих захисних споруд до потреб маломобільних груп, перегляд будівельних норм, проведення аудитів доступності, а також розробку програм евакуації з урахуванням особливих потреб.

Додатково Постанова № 66 від 05.04.2024 встановлює вимоги до об'єктів обслуговування населення: обов'язкове розташування зон прийому на першому поверсі або обладнання підйомниками, а також забезпечення достатньої ширини дверних прорізів (не менше 0,9 м).

Однак у нормативній базі зберігається фрагментарність: будівельні норми не завжди інтегровані з нормами цивільного захисту, а стандарти доступності часто розроблені для новобудов і слабо пристосовані для об'єктів, зведених десятиліття тому.

Обстеження та звіти органів місцевого самоврядування свідчать, що близько 25 % захисних споруд непридатні до використання взагалі (за даними МВС та ДСНС на початок 2025 р.). У багатьох доступних спорудах відсутні пандуси, підйомники або навіть розширені дверні прорізи. Навігація та інформаційне забезпечення рідко враховують потреби людей з порушенням зору чи слуху. Відсутні стандартизовані алгоритми евакуації для осіб з інвалідністю. Фактично, вимоги інклюзивності часто не інтегровані у планування модернізацій, а адаптація залишається ініціативою окремих громад чи організацій.

Аналіз існуючих укриттів вказує на низку системних проблем:

- відсутність безбар'єрного доступу на входах;
- недостатня ширина коридорів та евакуаційних шляхів для переміщення осіб у кріслах колісних або на ношах;
- невідповідність санітарно-гігієнічних умов тривалому перебуванню;
- брак інформаційного забезпечення та навігації, доступної для осіб з вадами зору, слуху чи когнітивними порушеннями.

Ці недоліки суперечать як положенням національних стандартів, так і зобов'язанням України за статтею 11 Конвенції ООН про права осіб з інвалідністю, яка вимагає гарантії захисту в умовах надзвичайних ситуацій.

### **Перспективи формування інклюзивної безпекової інфраструктури**

Адаптація фонду захисних споруд цивільного захисту до потреб осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення – це не разова технічна модернізація, а довготривалий процес трансформації безпекового середовища. Його ефективність залежить від того, наскільки швидко та якісно будуть інтегровані принципи безбар'єрності у всі етапи життєвого циклу споруди – від проектування до експлуатації та планування евакуаційних заходів.

Впровадження інклюзивних стандартів у сфері цивільного захисту поступово змінює саму філософію роботи системи: замість орієнтації на “середньостатистичну” людину формується інфраструктура, здатна врахувати потреби кожного. Такий підхід не лише зменшує ризики під час надзвичайних ситуацій, а й підвищує довіру населення до державних інституцій та рівень громадянської стійкості.

У перспективі, створення безпечного середовища для всіх категорій громадян може стати одним з індикаторів успішності реформи цивільного захисту в Україні, а розроблені стандарти – прикладом для країн, що також стикаються з викликами забезпечення інклюзивності в умовах кризових ситуацій. Саме так формується не лише фізична, а й соціальна архітектура безпеки, де цінність життя та гідності людини є ключовими орієнтирами.

### **Висновки**

У статті розглянуто особливості реалізації заходів цивільного захисту в умовах збройної агресії проти України, що створила безпрецедентні виклики для державної системи безпеки. Встановлено, що результативність заходів безпосередньо залежить від скоординованої діяльності органів державної влади, місцевого самоврядування, суб'єктів господарювання та широкого залучення громадськості. Саме поєднання інституційних можливостей і суспільної мобілізації забезпечує здатність країни протидіяти загрозам та мінімізувати наслідки надзвичайних ситуацій.

Встановлено, що нормативно-правова база, яка регламентує сферу цивільного захисту, зазнала істотної трансформації у зв'язку з воєнними діями. Зміни спрямовані на приведення механізмів функціонування єдиної державної системи цивільного захисту у відповідність до потреб воєнного стану. Це проявляється у вдосконаленні планів цивільного захисту, розширенні повноважень військових адміністрацій, уточненні завдань щодо евакуації населення, організації укриттів, життєзабезпечення постраждалих, а також координації з міжнародними та гуманітарними структурами.

Дослідження підкреслює, що одним із ключових напрямів діяльності у сфері цивільного захисту стало проведення масових евакуацій із районів бойових дій. Організація цього процесу вимагала одночасної участі державних інституцій, ДСНС, військових адміністрацій, органів місцевого самоврядування, а також волонтерських організацій. Значна увага приділялася створенню «гуманітарних коридорів», супроводу евакуаційних колон, розгортанню транзитних пунктів та центрів надання допомоги внутрішньо переміщеним особам. Практичні заходи супроводжувалися інформаційною підтримкою, що дозволяло населенню своєчасно отримувати дані про безпечні маршрути та місця тимчасового розміщення.

Не менш важливою складовою є питання укриття населення. З початком широкомасштабної агресії відбулося активне нарощування фонду захисних споруд цивільного захисту, будівництво та облаштування найпростіших укриттів, а також адаптація споруд подвійного призначення для потреб безпеки. Водночас зберігаються проблеми з технічним станом значної частини захисних споруд, що зумовлює потребу у подальшій модернізації та системному контролі їх готовності.

У розділі обґрунтовано, що в умовах воєнних загроз першорядного значення набуває поєднання організаційних і практичних заходів: від навчання населення діям в особливий період і забезпечення оповіщення до проведення аварійно-рятувальних робіт, гуманітарного розмінування, надання медичної та психологічної допомоги. Узгодженість цих дій визначає здатність держави не лише знижувати рівень ризику, але й забезпечувати життєдіяльність населення у кризових умовах.

Разом із тим, дослідження виявило низку проблем, серед яких недостатнє ресурсне забезпечення, неповна готовність укриттів, необхідність удосконалення системи підготовки як спеціалістів, так і громадян. Розв'язання цих питань потребує подальшої координації дій державних і місцевих органів, зміцнення матеріально-технічної бази та розширення міжнародної співпраці.

Отже, система цивільного захисту України перебуває у стані активної трансформації, спрямованої на посилення стійкості й здатності до оперативного реагування на кризові виклики. Узагальнені результати свідчать, що лише завдяки комплексному підходу та широкому залученню суспільства можливо забезпечити ефективний захист населення і мінімізувати наслідки надзвичайних ситуацій воєнного характеру.

### Список використаних джерел

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 24 лютого 2022 р. 179-р “Про організацію функціонування єдиної державної системи цивільного захисту в умовах воєнного стану”.
2. Клименко Н. (2022). Особливості забезпечення цивільного захисту в умовах воєнного стану. *Науковий вісник: Державне управління*, (2 (12)), 218-233. [https://doi.org/10.33269/2618-0065-2022-2\(12\)-218-233](https://doi.org/10.33269/2618-0065-2022-2(12)-218-233)
3. Рекомендації для органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування щодо виконання заходів захисту населення в умовах особливого періоду та військово-політичних конфліктів. Київ: Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, 2017 рік. 49 с.
4. Кодекс цивільного захисту України. Кодекс України № 5403-VI (2012) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>
5. Про правовий режим воєнного стану. Закон України № 389-VIII (2015) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19#Text>

6. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо забезпечення вимог цивільного захисту під час планування та забудови територій. Закон України № 2486-IX (2022) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2486-20#Text>

7. Рекомендації щодо застосування норм міжнародного гуманітарного права органами та підрозділами ДСНС України.

8. Про затвердження Порядку проведення евакуації у разі загрози виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій. Постанова Кабінету Міністрів України № 841 (2013) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/841-2013-п#Text>

9. Дії підрозділів ДСНС в умовах воєнного стану / навчальний посібник за загальною редакцією професора Мирослава Ковалюка, Сергія Крука. Львів: ЛДУ БЖД 2023. 306 с.

10. Про затвердження Методики планування заходів з евакуації. Наказ МВС України № 579 (2017) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0938-17#Text>

11. Державні будівельні норми України В.2.2.5-2023. Захисні споруди цивільного захисту. ДБН України (2023) (Україна). [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=104666](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=104666)

12. Деякі питання використання об'єктів фонду захисних споруд цивільного захисту. Постанова Кабінету Міністрів України № 138 (2017) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/138-2017-п#Text>

13. Про затвердження Порядку проведення обстеження прийнятих в експлуатацію об'єктів будівництва. Постанова Кабінету Міністрів України № 257 (2017) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/257-2017-п#Text>

14. Про внесення змін до Порядку створення, утримання фонду захисних споруд цивільного захисту, виключення таких споруд із фонду та ведення його обліку. Постанова Кабінету Міністрів України № 883 (2023) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/883-2023-п#Text>

15. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 4 березня 2025 р. № 183-р “Про схвалення Стратегії розвитку фонду захисних споруд цивільного захисту на період до 2034 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації”

16. Про затвердження Порядку виявлення осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення, які проживають у зоні надзвичайної ситуації або можливого ураження, та організації їх супроводження. Постанова Кабінету Міністрів України № 282 (2018) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/282-2018-п#Text>

17. Про затвердження Порядку проведення обов'язкової евакуації окремих категорій населення у разі введення правового режиму воєнного стану. Постанова Кабінету Міністрів України № 934 (2018) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/934-2018-п#Text>

18. Про схвалення Стратегії розвитку фонду захисних споруд цивільного захисту на період до 2034 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації. Розпорядження Кабінету Міністрів України № 183-р (2025) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/183-2025-р#Text>

19. Про затвердження вимог з питань використання та обліку фонду захисних споруд цивільного захисту. Наказ МВС України № 579 (2018) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0879-18#Text>

20. Про затвердження форми Примірною договору про безоплатне зберігання захисних споруд цивільного захисту (цивільної оборони). Наказ МНС України № 582 (2009) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0582666-09#Text>

21. Примірний перелік документів з питань цивільного захисту, що розробляються центральними і місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, суб'єктами господарювання. Наказ Державної служби України з надзвичайних ситуацій № 335 (2016) (Україна). <https://ips.ligazakon.net/document/FN022872>

22. Методичні рекомендації з розроблення положень про структурні підрозділи з питань цивільного захисту місцевих державних адміністрацій. Наказ Державної служби України з

надзвичайних ситуацій № 340 (2016) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0340388-16#Text>

23. Державні будівельні норми України В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. ДБН України (2014) (Україна). <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1033>

24. Державні будівельні норми України А.3.1-9-2015. Прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом захисних споруд цивільної оборони та їх утримання. ДБН України (2015) (Україна). [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=67512](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=67512)

25. Державні будівельні норми України В.1.2-4-2019. Інженерно-технічні заходи цивільного захисту. ДБН України (2019) (Україна). [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=82596](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82596)

### References

1. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2022, February 24). On the organization of functioning of the unified state civil protection system under martial law (Order No. 179-r). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/179-2022-p#Text>

2. Klymenko, N. (2022). Features of ensuring civil protection under martial law. *Scientific Bulletin: Public Administration*, 2(12), 218–233. [https://doi.org/10.33269/2618-0065-2022-2\(12\)-218-233](https://doi.org/10.33269/2618-0065-2022-2(12)-218-233)

3. Ukrainian Research Institute of Civil Protection. (2017). Recommendations for executive authorities and local self-government bodies on implementing measures to protect the population during special periods and military-political conflicts. Kyiv.

4. Civil Protection Code of Ukraine (Code No. 5403-VI). (2012). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>

5. On the legal regime of martial law (Law of Ukraine No. 389-VIII). (2015). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19#Text>

6. On amendments to certain legislative acts of Ukraine on ensuring civil protection requirements during planning and development of territories (Law of Ukraine No. 2486-IX). (2022). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2486-20#Text>

7. State Emergency Service of Ukraine. (n.d.). Recommendations on the application of international humanitarian law norms by the SES of Ukraine units.

8. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2013). On approval of the Procedure for evacuation in case of threat or occurrence of emergencies (Resolution No. 841). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/841-2013-p#Text>

9. Koval, M., & Kruk, S. (Eds.). (2023). Actions of the SES units under martial law (Teaching manual). Lviv State University of Life Safety.

10. Ministry of Internal Affairs of Ukraine. (2017). On approval of the Methodology for planning evacuation measures (Order No. 579). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0938-17#Text>

11. State Building Standards of Ukraine V.2.2.5-2023: Protective structures of civil protection (DBN of Ukraine). (2023). [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=104666](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=104666)

12. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2017). Some issues of using civil protection protective structures fund (Resolution No. 138). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/138-2017-p#Text>

13. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2017). On approval of the Procedure for inspection of commissioned construction objects (Resolution No. 257). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/257-2017-p#Text>

14. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2023). On amendments to the Procedure for creation, maintenance, exclusion, and accounting of civil protection protective structures fund (Resolution No. 883). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/883-2023-p#Text>

15. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2025, March 4). On approval of the Strategy for the development of the civil protection protective structures fund until 2034 and the operational action plan for its implementation (Order No. 183-r).

16. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2018). On approval of the Procedure for identifying persons with disabilities and other low-mobility groups living in emergency zones or areas of possible

impact, and organizing their escort (Resolution No. 282). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/282-2018-п#Text>

17. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2018). On approval of the Procedure for mandatory evacuation of certain categories of the population under martial law (Resolution No. 934). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/934-2018-п#Text>

18. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2025). On approval of the Strategy for the development of the civil protection protective structures fund until 2034 and the operational action plan for its implementation (Order No. 183-r). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/183-2025-р#Text>

19. Ministry of Internal Affairs of Ukraine. (2018). On approval of requirements for the use and accounting of the civil protection protective structures fund (Order No. 579). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0879-18#Text>

20. Ministry of Emergencies of Ukraine. (2009). On approval of the model contract for free storage of civil protection (civil defense) protective structures (Order No. 582). <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0582666-09#Text>

21. State Emergency Service of Ukraine. (2016). Model list of civil protection documents developed by central and local executive authorities, local self-government bodies, and business entities (Order No. 335). <https://ips.ligazakon.net/document/FN022872>

22. State Emergency Service of Ukraine. (2016). Methodological recommendations for developing regulations on civil protection units of local state administrations (Order No. 340). <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0340388-16#Text>

23. State Building Standards of Ukraine V.2.5-56:2014. Fire protection systems (DBN of Ukraine). (2014). <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1033>

24. State Building Standards of Ukraine A.3.1-9-2015. Commissioning and maintenance of completed civil defense protective structures (DBN of Ukraine). (2015). [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=67512](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=67512)

25. State Building Standards of Ukraine V.1.2-4-2019. Engineering and technical measures of civil protection (DBN of Ukraine). (2019). [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=82596](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=82596)

## МЕТОДИ РОЗРАХУНКОВОЇ ОЦІНКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ПРИДАТНОСТІ ЗАХИСНИХ СПОРУД ПІД ЧАС ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ ПОВІТРЯНОГО НАПАДУ ПРОТИВНИКА

### Сергій ПОЗДЄЄВ

доктор технічних наук, професор, професор кафедри пожежної профілактики в населених пунктах навчально-наукового інституту пожежної безпеки Національного університету цивільного захисту України, svp\_chipbbk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9085-0513

### Роман ЯКОВЧУК

доктор технічних наук, доцент, начальник навчально-наукового інституту цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, r.yakovchuk@ldubgd.edu.ua, ORCID: 0000-0001-5523-5569

### Назарій ТУР

здобувач четвертого (освітньо-наукового) рівня вищої освіти Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, rptb2020@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0557-5351

### Вадим НІЖНИК

начальник науково-дослідного центру нормативно-технічного регулювання Інституту наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України, nignyk@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3370-9027

### Ольга НЕКОРА

провідний науковий співробітник відділу інновацій та патентної діяльності науково-інноваційного центру Національного університету цивільного захисту України ov\_nekora@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5202-3285

**Мета дослідження:** обґрунтування загального розрахунково-теоретичного підходу до методів розрахункового оцінювання захисної здатності захисних укриттів, захисних споруд подвійного призначення, захисних споруд енергетичної інфраструктури, а також захисних екранів різної конструкції узгодженого із нормами, чинними в Україні, зокрема ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту. Будинки і споруди» під час застосування засобів повітряного нападу противника.

**Методи дослідження:** для здійснення розрахунку застосовані сучасні обчислювальні технології, засновані на використанні сучасного програмного забезпечення та числових алгоритмах, а саме обчислювальні алгоритми на базі явного методу інтегрування рівнянь динаміки за часом, методу скінченних елементів, опис контактної взаємодії на основі методу штрафних функцій, а також математичних моделей матеріалів в умовах швидкісного деформування з врахуванням їхніх нелінійних властивостей та критеріїв їх руйнування, що базуються на відповідних теоріях міцності.

**Результати:** отримано результати, які дозволяють дослідити механізми руйнування або втрати цілісності конструкцій захисної стіни з бетонних леґо-блоків і встановити взаємозв'язок цих аспектів із забезпеченням виконання її захисних функцій в умовах впливу вибуху. Для вивчення механізмів руйнування або втрати цілісності було досліджено вплив вибуху із максимально небезпечним поєднанням параметрів вибуху із тротиловим еквівалентом заряду  $m$  (TNT) = 718.2 кг.

Отримано результати моделювання проникнення під поверхню захисних конструкцій та одночасного вибуху ракет та ударних безпілотних літальних апаратів (БПЛА), де розглянуто два типи засобів повітряного нападу противника – крилата ракета Х-555 із звичайною бойовою частиною та ударний БПЛА типу «Shahed 136».

Отримано результати математичного моделювання поведінки тросових захисних екранів при їхньому зіткненні з ударними БПЛА.

**Теоретична цінність дослідження:** теоретична цінність дослідження полягає у розробці та науковому обґрунтуванні методів розрахункової оцінки функціональної придатності захисних споруд у сучасних умовах ведення бойових дій та застосування противником засобів повітряного нападу. Результати дослідження поглиблюють розуміння закономірностей впливу ударних факторів (ударної хвилі, уламкової дії, теплового випромінювання, вторинних уражаючих чинників) на конструктивні елементи захисних споруд різних типів. Дослідження розвиває наукові засади у сфері цивільного захисту, військової інженерії та будівельної механіки, створюючи основу для подальшого вдосконалення методології оцінки надійності та безпеки захисних споруд у воєнний і післявоєнний періоди.

**Оригінальність:** оригінальність цього дослідження полягає у комплексному підході до розробки методів розрахункової оцінки функціональної придатності захисних споруд з урахуванням сучасних загроз, пов'язаних із застосуванням противником високоточної зброї, керованих авіаційних боєприпасів та ракетних систем. Робота вирізняється новизною постановки завдання, актуальністю врахованих факторів і спрямованістю на створення практичних інструментів для забезпечення надійності захисних споруд в умовах сучасної війни.

**Практична цінність:** практична цінність роботи полягає у можливості використання розроблених методів розрахункової оцінки для підвищення ефективності проектування, експлуатації та модернізації захисних споруд цивільного захисту й військового призначення. Отримані результати можуть бути застосовані для: експертної оцінки стану існуючих споруд і визначення їхньої готовності до використання за умов повітряних ударів; оптимізації проектних рішень при будівництві нових захисних споруд, з урахуванням сучасних засобів повітряного нападу противника; розробки нормативних документів і методичних рекомендацій у сфері цивільного захисту; прогнозування залишкового ресурсу та визначення пріоритетів у проведенні ремонтних і відновлювальних робіт; підвищення безпеки населення та особового складу завдяки більш точному обґрунтуванню рівня захисту споруд.

**Ключові слова:** захисна споруда, засоби повітряного нападу, руйнування елементів конструкцій захисних споруд, методи розрахункової оцінки, моделювання руйнувань, LS-DYNA, критична енергетична інфраструктура, крилата ракета, БПЛА типу «Shahed 136», тросові захисні екрани.

## METHODS FOR COMPUTATIONAL ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL SUITABILITY OF PROTECTIVE STRUCTURES UNDER ENEMY AIR ATTACK

**Serhii POZDIEIEV**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Fire Prevention in Settlements, Educational and Scientific Institute of Fire Safety, National University of Civil Defence of Ukraine

svp\_chipbbk@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9085-0513

**Roman YAKOVCHUK**

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Educational and Scientific Institute of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety

r.yakovchuk@ldubgd.edu.ua, ORCID: 0000-0001-5523-5569

**Nazarii TUR**

Graduate of the third (educational and scientific) level of higher education at the Lviv State University of Life Safety,  
rptb2020@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0557-5351

**Vadym NIZHNYK**

Head of the Research Center for Normative and Technical Regulation, Research Institute of Civil Protection, National University of Civil Defence of Ukraine  
nignyk@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3370-9027

**Olha NEKORA**

Leading Researcher, Department of Innovations and Patent Activity, Scientific and Innovation Center, National University of Civil Defence of Ukraine  
ov\_nekora@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5202-3285

**Purpose of the study:** the research aims to substantiate a general computational and theoretical approach to the methods of assessing the protective capacity of shelters, dual-purpose protective structures, protective facilities of energy infrastructure, as well as protective screens of various designs, in accordance with current regulations in Ukraine, in particular DBN V.2.2-5:2023 “Protective Structures of Civil Protection. Buildings and Structures”, under conditions of enemy air attacks.

**Methods of research:** for the calculations, modern computational technologies were applied, based on advanced software and numerical algorithms, namely: computational algorithms using the explicit time integration method for dynamic equations, the finite element method, contact interaction description using the penalty function method, as well as material models under high-speed deformation, considering their nonlinear properties and failure criteria based on corresponding strength theories.

**Results:** the results obtained make it possible to investigate the mechanisms of failure or loss of integrity of protective walls made of concrete Lego-blocks and to establish the relationship between these aspects and the ability of such structures to perform their protective functions under explosive impact. To study the mechanisms of failure or integrity loss, the influence of an explosion with the most dangerous combination of parameters was analyzed, with a TNT equivalent of  $m = 718.2$  kg. Modeling results were also obtained for penetration under the surface of protective structures and the simultaneous explosion of missiles and attack unmanned aerial vehicles (UAVs). Two types of enemy air attack means were considered: the Kh-555 cruise missile with a conventional warhead and the Shahed-136 attack UAV. Additionally, mathematical modeling results were obtained for the behavior of cable protective screens upon collision with attack UAVs.

**Theoretical value of the study:** the theoretical significance lies in the development and scientific substantiation of computational methods for assessing the functional suitability of protective structures under modern combat conditions and the use of enemy air attack means. The results deepen the understanding of the regularities of the impact of damaging factors (shock wave, fragmentation effect, thermal radiation, and secondary destructive effects) on the structural elements of different types of protective facilities. The study advances scientific foundations in the fields of civil protection, military engineering, and structural mechanics, forming a basis for further improvement of methodologies for assessing the reliability and safety of protective structures during and after wartime.

**Originality:** the originality of this research lies in a comprehensive approach to developing computational methods for assessing the functional suitability of protective structures, taking into account modern threats related to the use of high-precision weapons, guided aerial munitions, and missile systems by the enemy. The work is distinguished by the novelty of the problem statement, the relevance of the factors considered, and its orientation towards creating practical tools to ensure the reliability of protective structures under modern warfare conditions.

**Practical value:** the practical value of the study lies in the possibility of applying the developed computational assessment methods to improve the efficiency of designing, operating, and modernizing civil protection and military protective structures. The results obtained can be used for

expert evaluation of the condition of existing facilities and determining their readiness for use under air attack conditions; optimization of design solutions for new protective structures considering modern enemy air attack means; development of regulatory documents and methodological recommendations in the field of civil protection; forecasting the residual resource and identifying priorities for repair and restoration work; enhancing the safety of the population and personnel through more precise justification of the protective capacity of structures.

**Keywords:** protective structure, air attack means, destruction of structural elements of protective facilities, computational assessment methods, failure modeling, LS-DYNA, critical energy infrastructure, cruise missile, Shahed-136 UAV, cable protective screens.

### Вступ

Важливим фактором, що визначає ефективність захисних споруд у будівельних об'єктах міської забудови є здатність їхніх огорожувальних конструкцій зберігати свої огорожувальні функції в умовах бойових дій, блокувати вплив уражаючих факторів з причини авіаційних, ракетних та артилерійських обстрілів, а також захищати людей від ураження уламками та осколками будівельних конструкцій. Також важливим аспектом, що визначає ефективність захисних споруд, є можливість безпечної евакуації після руйнування будівельних конструкцій внаслідок влучання в них засобів повітряного нападу. Для захисту населення за таких умов було запропоновано використовувати захисні укриття модульної конструкції (типу) [1-6].

Запропоновані укриття мають складну структуру, що складається із залізобетонної капсули, частини якої з'єднані між собою. Ці блоки встановлюються на ґрунт без фундаментних та підкріплюючих конструкцій [1-6]. Крім цього, для захисту населення від повітряних обстрілів застосовуються споруди подвійного призначення (СПП). Ці укриття облаштовані у окремих приміщеннях будівель, приміщеннях окремих прибудов, часто СПП улаштовуються у підземних, підвальних та цокольних приміщеннях.

Також актуальною проблемою в наш час в умовах повномасштабного вторгнення країни-агресорки в Україну є захист критичної інфраструктури, зокрема, енергооб'єктів, енергокомунікацій тощо. Для здійснення цього захисту застосовуються спеціально облаштовані захисні споруди, переважно зведені із залізобетонних монолітних огорожувальних конструкцій [1-7].

При обґрунтуванні захисної здатності укриттів тієї чи іншої конструкції можуть бути застосовані декілька підходів. В Україні на поточний час введено в дію оновлений державний будівельний стандарт ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільної захисту. Будинки і споруди», що встановлює основні принципи та визначає методологічні підходи до розрахункового оцінювання захисної здатності конструкцій захисних укриттів та споруд проти повітряних обстрілів. Цей стандарт встановлює основний підхід до розрахункової оцінки захисної здатності конструкцій, який ґрунтується на застосуванні традиційних методів розрахунку за умови впливу ударної хвилі вибуху за допомогою статичного тиску. Величина цього тиску ранжована за класами захисних споруд та допустимим тиском ударної хвилі, згідно із встановленою класифікацією, наданої у цьому ж стандарті. Цей підхід не має суворого теоретичного обґрунтування, проте він може бути застосований оскільки дає великі запаси міцності конструкцій і це сприймається радше як суттєва перевага. Проте такий підхід не може вважатися універсальним, бо якщо розглядати захисну здатність СПП, що розташовані всередині конструкцій, то навантаження від вибуху, суттєво знижуються від подолання ними зовнішніх огорожувальних конструкцій. Але при цьому на конструкції укриттів можливий додатковий вплив з боку уламків та зруйнованих частин цих зовнішніх конструкцій. Застосовуючи підхід на основі прикладання квазістатичних навантажень при відтворенні впливу ударної хвилі вибуху часто важко обґрунтувати, що внутрішні огорожувальні конструкції, де має бути улаштоване укриття, мають достатню захисну здатність, що в багатьох випадках не відповідає дійсності.

Окремою актуальною задачею є обґрунтування методів, що дозволяють розглядати вплив комплексної дії механічного та вибухового навантаження при прямому влучанні ракет та бойових дронів.

### **Постановка проблеми**

Захисні споруди для захисту критичної інфраструктури, зокрема енергетичної, є ефективними у поєднанні із захисними екранами, які є переважно каркасними сталевими спорудами, що представляють собою опорну систему для сітки канатів та призначені для блокування засобів повітряного нападу противника. Цей спосіб суттєво зменшує руйнівний ефект від ракетних та дронів ударів.

Для їхнього розрахунку немає системи рекомендацій щодо оцінювання захисної здатності в таких умовах. Здійснення експериментальних досліджень не може бути реалізоване для відтворення реальних умов роботи захисного канатного екрана при блокуванні повітряних цілей, оскільки це дуже трудомісткий та затратний процес. Тому розрахунково-теоретичний підхід є розумною альтернативою для розв'язання цього технічного завдання. Квазістатичне прикладення навантажень до таких систем не може бути застосоване, оскільки не має чіткого теоретичного обґрунтування.

Комплексним розв'язком викладених вище технічних задач є застосування єдиного розрахунково-теоретичного підходу, що заснований на використанні диференціальних рівнянь динаміки механічних систем у поєднанні із диференціальними рівняннями для описання напружено-деформованого стану (НДС) тіл при їхній контактній взаємодії і впливі вибуху. Також даний підхід має бути доповнений аналізом руйнування тіл з врахуванням відповідних теорій пластичності та міцності. Такий комплексний підхід був вдало застосований у роботах [7 – 50]. При цьому для здійснення розрахунку мають бути використані сучасні обчислювальні технології, засновані на застосуванні сучасного програмного забезпечення та числових алгоритмах. В даному випадку пропонується застосовувати обчислювальні алгоритми на базі явного методу інтегрування рівнянь динаміки за часом, методу скінченних елементів, опис контактної взаємодії на основі методу штрафних функцій, а також математичних моделей матеріалів в умовах швидкісного деформування з врахуванням їхніх нелінійних властивостей та критеріїв їхнього руйнування, базованих на відповідних теоріях міцності.

### **Мета дослідження**

Основною метою нашої роботи є обґрунтування загального розрахунково-теоретичного підходу до методів розрахункового оцінювання захисної здатності укриттів, захисних споруд подвійного призначення, захисних споруд енергетичної інфраструктури, а також захисних екранів різної конструкції узгодженого із нормами, чинними в Україні, зокрема ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту. Будинки і споруди» під час застосування засобів повітряного нападу противника. При цьому мають бути комплексно враховані вплив вибуху і контактна взаємодія між бойовими засобами при їх одночасному підриві, а також падіння уламків зруйнованих конструкцій на захисні огорожувальні конструкції.

### **Результати дослідження**

#### **1. Моделювання аварійної роботи та руйнування елементів конструкцій захисних споруд в умовах вибуху при застосуванні явного методу інтегрування рівнянь динаміки за часом**

У якості прикладу була розглянута захисна стіна, конструктивна система якої включає стіну з бетонних леґо-блоків, на яку впливає ударна хвиля від вибуху при підриві снаряду з еквівалентною масою TNT 718.2 кг. На рис. 1 наведена конструктивна система захисної стіни і вибуху, впливу якого вона піддається.

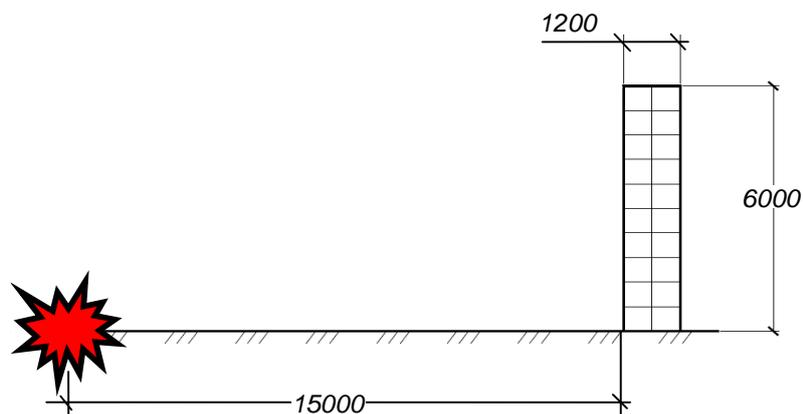


Рисунок 1 – Конструктивна схема елемента залізобетонної конструкції захисної стіни

На рис. 2 наведена розрахункова схема для обчислення навантаження впливу вибуху.

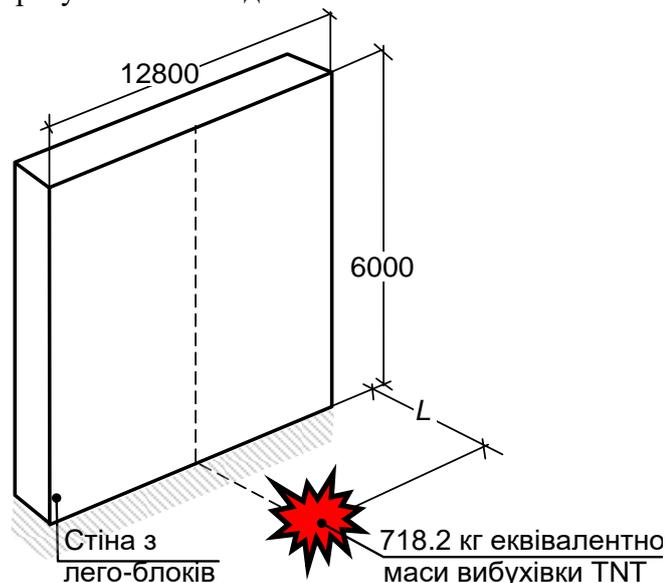


Рисунок 2 – Розрахункова схема для обчислення навантаження впливу вибуху

При визначенні квазістатичного навантаження на стіну з лего-блоків визначена дистанція від епіцентру вибуху до поверхні стіни, включаючи величини  $L = 15$  м, яка вимірюється по нормалі до поверхні.

Скінченно-елементна схема захисної стіни наведена на рис. 3. На цій схемі відображена скінченно-елементна дискретизація всіх компонентів-частин математичної моделі захисної стіни.

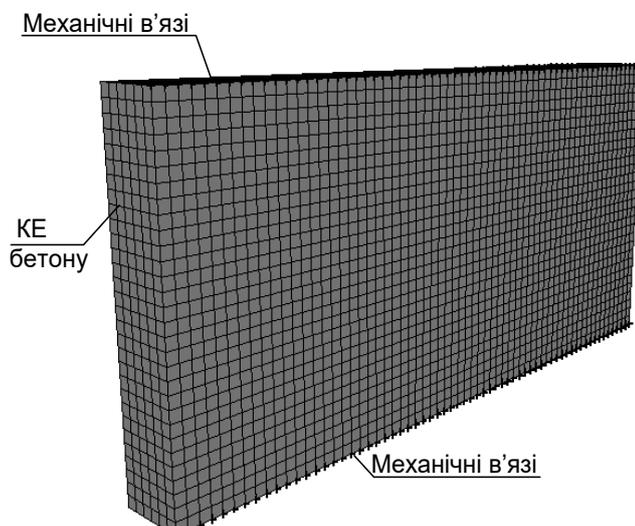


Рисунок 3 – Скінченно-елементна схема захисної стіни для визначення навантаження

Після проведення розрахунків було отримано результати, які дозволяють дослідити динамічні навантаження впливу вибуху. Було досліджено вплив вибуху за сценарієм із максимально небезпечним поєднанням параметрів вибуху із тротильовим еквівалентом заряду  $m$  (TNT) = 718.2 кг, та мінімальною дистанцією від епіцентру вибуху до поверхні захисної стіни  $L = 15$  м.

За умов даної розрахункової схеми було отримано розподіл надлишкового тиску по сегментах поверхні стіни з леґо-блоків (рис. 4).

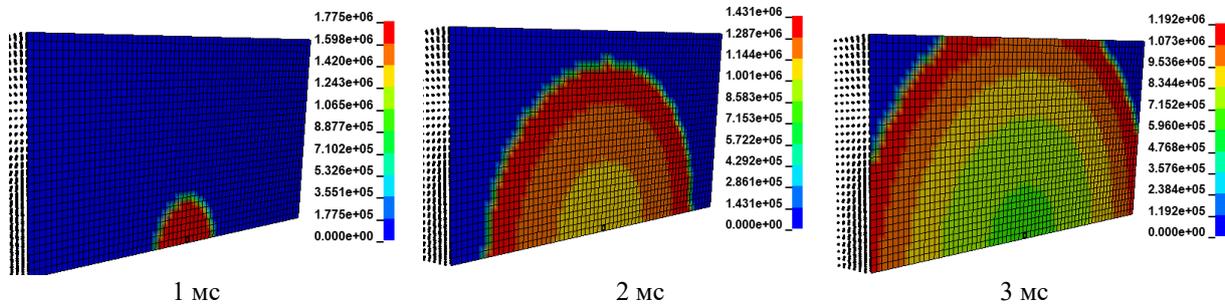


Рисунок 4 – Розподіли надлишкового тиску по сегментах поверхні захисної стіни у різні моменти впливу вибуху

Надлишковий тиск вибуху є максимальним у сегменті поверхні стіни, розташованому навпроти епіцентру вибуху. На рис. 5 наведений графік зміни тиску вибуху для відстані 15 м від поверхні стіни до епіцентру вибуху.

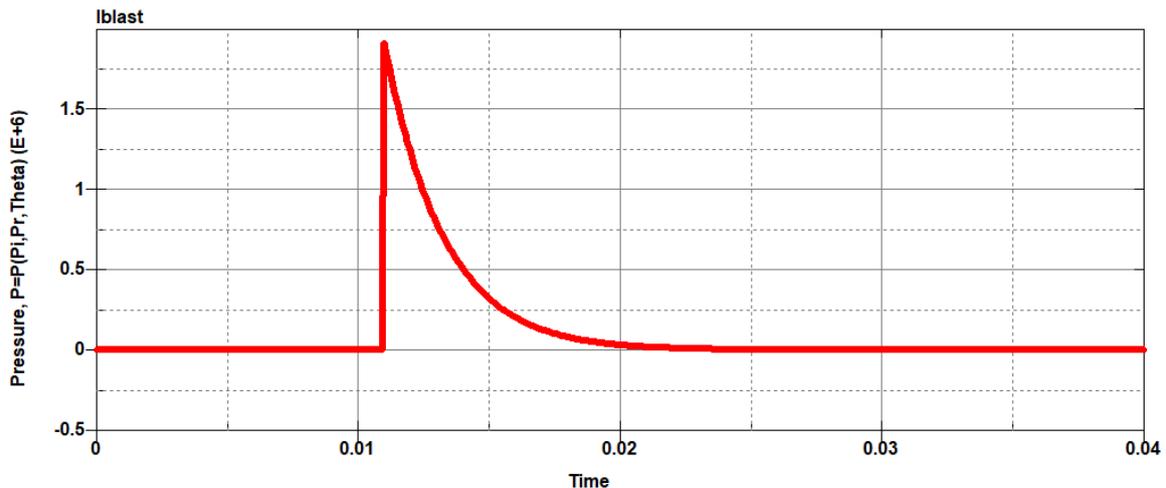


Рисунок 5 – Максимальний надлишковий тиск для відстані 15 м від поверхні стіни до епіцентру вибуху

Аналізуючи дані на рис. 5, було визначено надлишковий тиск, що може бути прийнято в якості навантаження. У табл. 1 наведено відповідні значення надлишкового тиску вибуху.

Таблиця 1

Значення максимального тиску вибуху на сегменти поверхні стіни

|   |      |
|---|------|
| Відстань до епіцентру вибуху, $L$ , м                 | 15   |
| Максимальний надлишковий тиск, $\Delta P_{exp}$ , кПа | 1924 |

На рис. 6 показані конструктивні схеми елементів конструкцій захисних споруд в умовах вибуху та впливу вибухової хвилі.

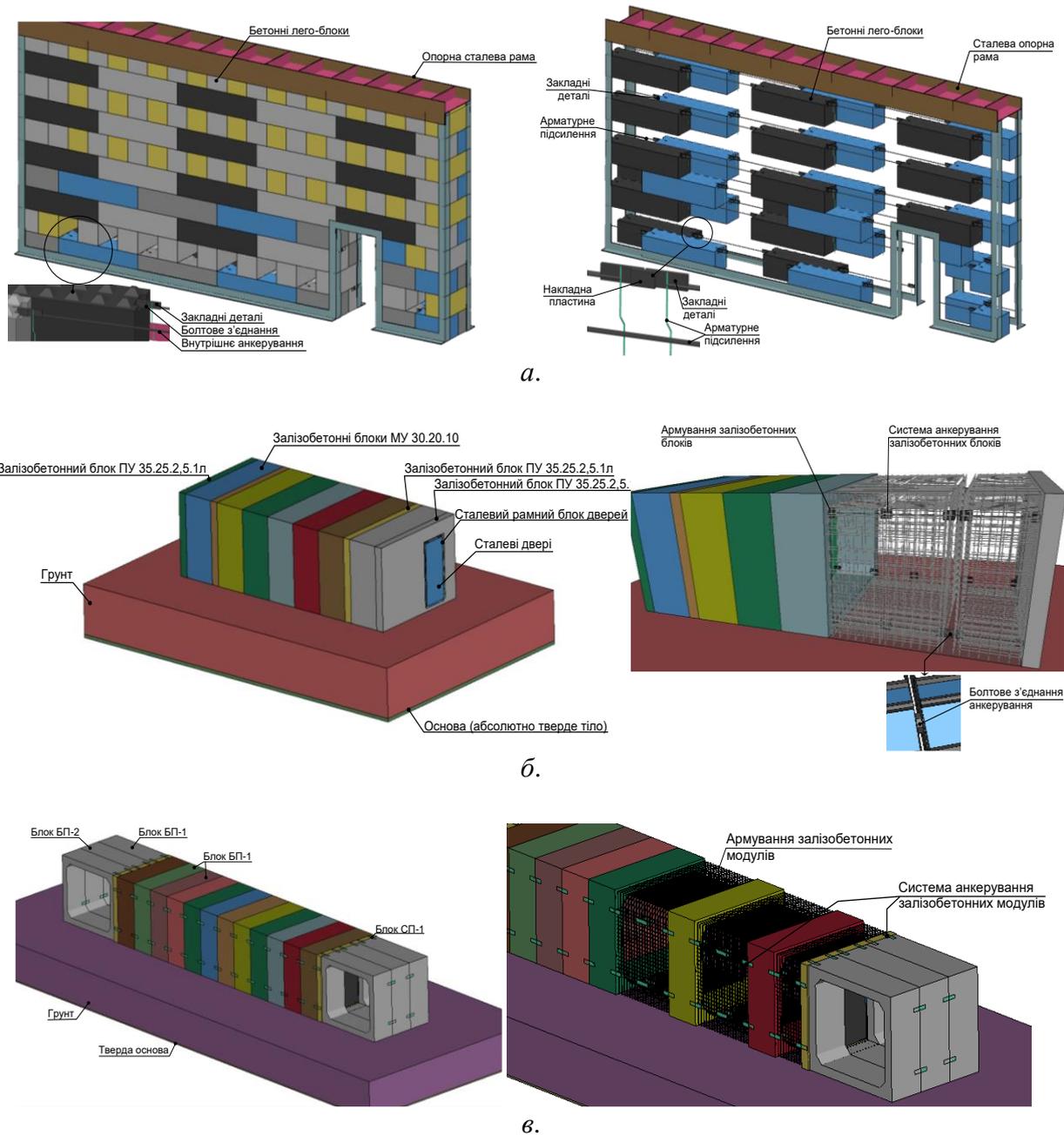


Рисунок 6 – Конструктивні схеми різних елементів захисних споруд: а – захисна стіна з леґоблоків; б – елементи конструкції модульного укриття 1 типу; в – елементи конструкції модульного укриття 2 типу

Технічні дані, які необхідні для створення комплексу початкових параметрів моделі матеріалу бетону, наведені в табл. 2. У цій таблиці зазначені основні характеристики для моделі матеріалу бетону [1 - 7].

Таблиця 2

Параметри моделі математичної моделі бетону

| Параметр                        | Одиниці вимірювання | Величина     |
|---------------------------------|---------------------|--------------|
| Густина                         | кг/м <sup>3</sup>   | 2500         |
| Границя міцності                | МПа                 | 32           |
| Врахування швидкості деформації |                     | Враховується |
| Розмір крупного заповнювача     | м                   | 0,02         |

Технічні дані, які необхідні для моделі матеріалу сталі опорної рами, закладних деталей та арматурних стержнів, наведені в табл. 3. У цій таблиці зазначені основні характеристики для моделі матеріалу арматурної сталі та анкерування.

Таблиця 3

## Параметри математичної моделі сталі

| Арматурн. елемент | Коеф. Пуасона | Модуль пруж., ГПа | Межа текуч., МПа | Густина, кг/м <sup>3</sup> | Гранична деформація | Швидкість деф. |
|-------------------|---------------|-------------------|------------------|----------------------------|---------------------|----------------|
| Закладні деталі   | 0,3           | 210               | 345              | 7850                       | 0,15                | Враховується   |
| Стержні           |               |                   | 500              |                            |                     |                |

На рис. 7 показана схема конструктивних елементів захисної стіни й відповідних їм моделей матеріалів, згідно із номенклатурою комп'ютерної системи LS-DYNA, а також схема прикладання граничних умов.



Рисунок 7 – Схема конструктивних елементів захисної стіни й відповідних їм моделей матеріалів (а) та схема прикладання граничних умов (б)

На рис. 7 на наведеній схемі показаний приклад розбиття моделі на окремі частини захисної стіни з бетонних леґо-блоків. Частини моделі є твердими тілами, поведінка яких має відповідати прийнятним моделям матеріалів. Спирання поверхонь частин моделі захисної стіни та між собою, здійснюється шляхом моделювання контактної взаємодії між даними окремими частинами моделі, автоматично створеними в системі як частини з різного матеріалу. Контактна взаємодія враховує тертя між частинами за узагальненим законом Кулона з коефіцієнтом тертя  $\mu = 0.6$  (тертя між бетонними поверхнями).

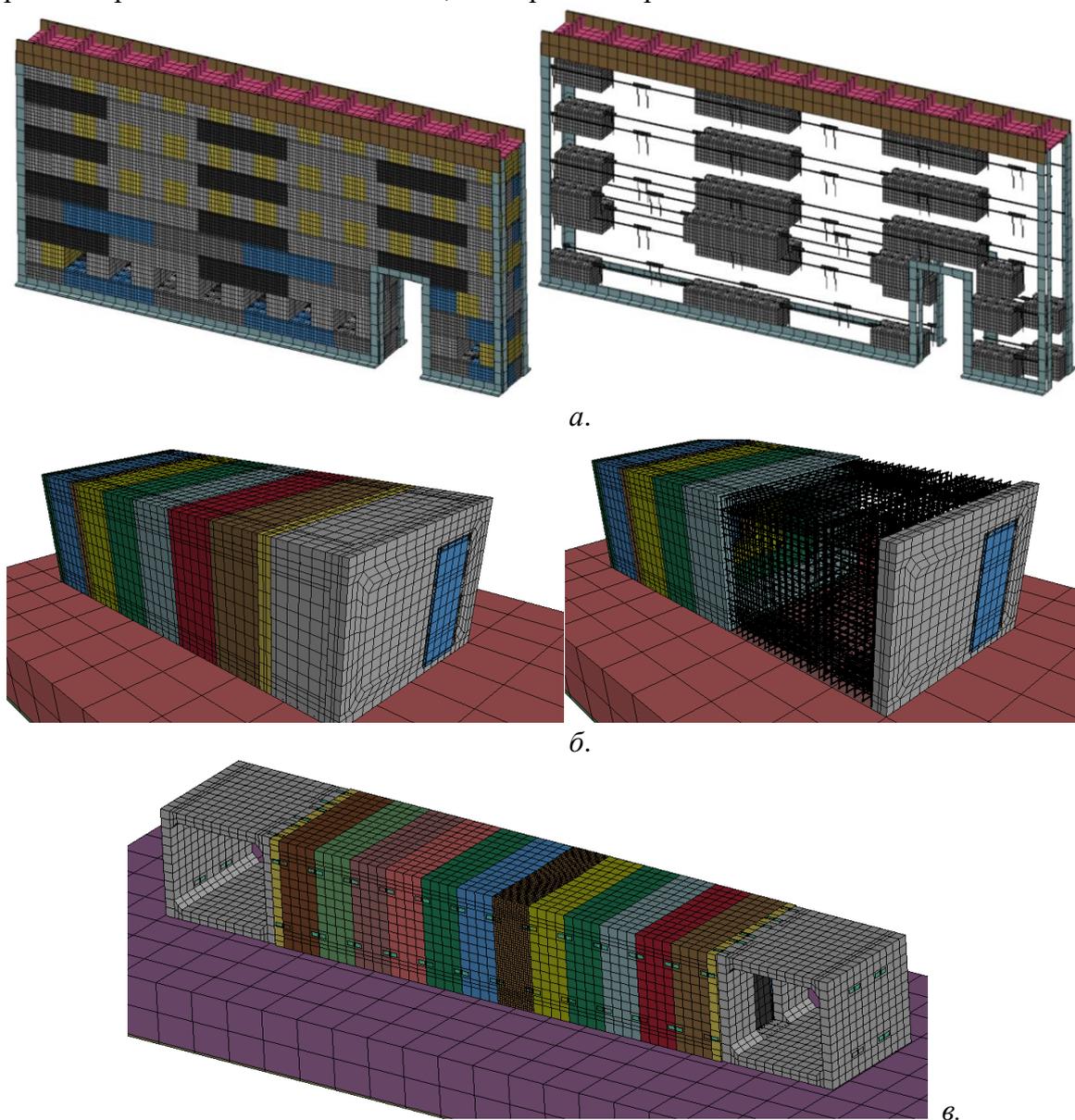
При об'єднанні переміщень частин моделі, відповідних до бетону, опорної рами, закладних деталей анкерування та арматури використовується алгоритм системи пошуку спільних точок перетинання лінійних або плоских СЕ з об'ємними СЕ за допомогою лінійної інтерполяції та поєднання їхніх переміщень. Даний алгоритм заснований на способі множників Лагранжа.

Для вивчення впливу вибуху на конструкції захисної стіни з бетонних леґо-блоків використовується два типи навантаження: навантаження від власної ваги конструкцій та навантаження від вибуху. Навантаження від власної ваги прикладається до всіх компонентів моделі і має постійну дію, проте в момент його прикладення при застосуванні явного методу інтегрування рівнянь динаміки за часом з'являється небажана кінетична енергія, що проявляється, як правило у коливальному процесі певної тривалості його затухання. Для скорочення часу розрахунку при прикладанні гравітаційного навантаження застосовується процедура динамічної релаксації [33].

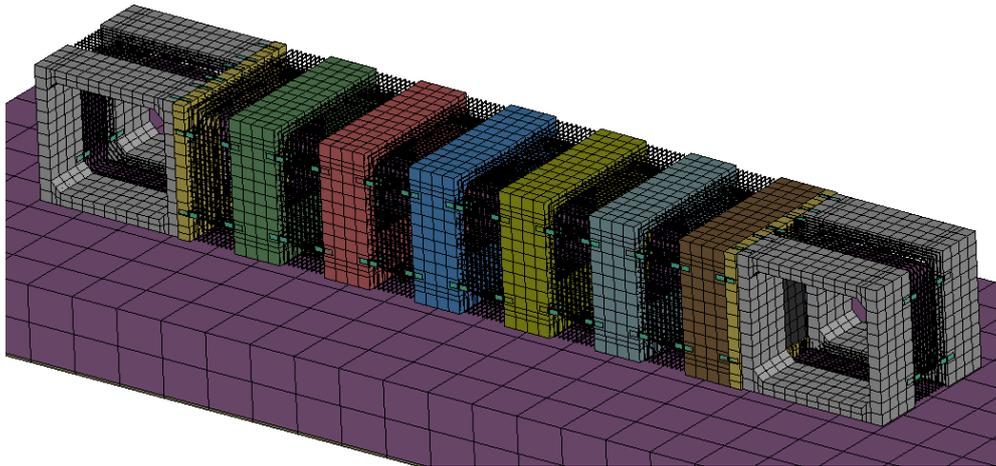
Для визначення надлишкового тиску ударної хвилі з врахуванням рекомендацій UFC 3-340-02 [7] використовується модель Kingery-Bulmash [1 – 7, 44 – 50], на основі обчислювального алгоритму CONWEP, який включає використання емпіричних залежностей моделі Kingery-

Bulmash з врахуванням послаблення ударної хвилі при її непряму падінні, а також врахуванням посилення тиску ударної хвилі через відбиття від поверхні ґрунту і відбиваючої поверхні конструктивної системи. При цьому всі ці припущення та явний алгоритм інтегрування рівнянь динаміки конструктивної системи дозволяє врахувати поширення фронту ударної хвилі по всіх поверхнях цієї конструктивної системи з врахуванням зростання тиску у фронті, його послабленні і набутті від'ємних величин, згідно із рис. 7. При цьому можуть бути використані два типи вибуху – вибух на великій дистанції від поверхні та вибух поблизу поверхні із підсиленням тиском ударної хвилі через відбиття від неї. У даному випадку вибирається другий варіант як розумне збільшення жорсткості вимог до проектних даних конструктивної системи, а також можливість верифікувати прикладені навантаження, оскільки вони відповідають результатам, отриманих при використанні емпіричних залежностей моделі Kingery-Bulmash.

Для проведення обчислень було побудовано скінченно-елементні схеми захисних споруд, що наведені на рис. 8. На цих схемах відображена скінченно-елементна дискретизація всіх компонентів-частин математичних моделей захисної стіни та модульних захисних залізобетонних укриттів. На схемах показаний принцип розділення компонентів моделі на частини з врахуванням їхньої контактної взаємодії. При побудові скінченно-елементних схем всіх захисних споруд використані три типи елементів: об'ємні, планарні та стержньові.



**Рисунок 8** – Скінченно-елементні схеми різних захисних споруд: *а* – захисна стіна з леблоків; *б* – модульне укриття 1 типу; *в* – модульне укриття 2 типу



Продовження рисунку 8 – Скінченно-елементні схеми різних захисних споруд: *a* – захисна стіна з легоблоків; *б* – модульне укриття 1 типу; *в* – модульне укриття 2 типу

Після проведення розрахунків було отримано результати, які дозволяють дослідити механізми руйнування або втрати цілісності конструкцій захисної стіни з бетонних лего-блоків і встановити взаємозв'язок цих аспектів із забезпеченням виконання її захисних функцій в умовах впливу вибуху. Для вивчення механізмів руйнування або втрати цілісності було досліджено вплив вибуху із максимально небезпечним поєднанням параметрів вибуху із тротилітовим еквівалентом заряду  $m$  (TNT) = 718,2 кг.

Як описано вище, навантаження системи відбувалося в два етапи. На першому етапі прикладалося гравітаційне навантаження власної ваги елементів системи. На рис. 9 показана картина розподілення вертикальних переміщень у бетонних елементах системи після прикладення гравітаційного навантаження.

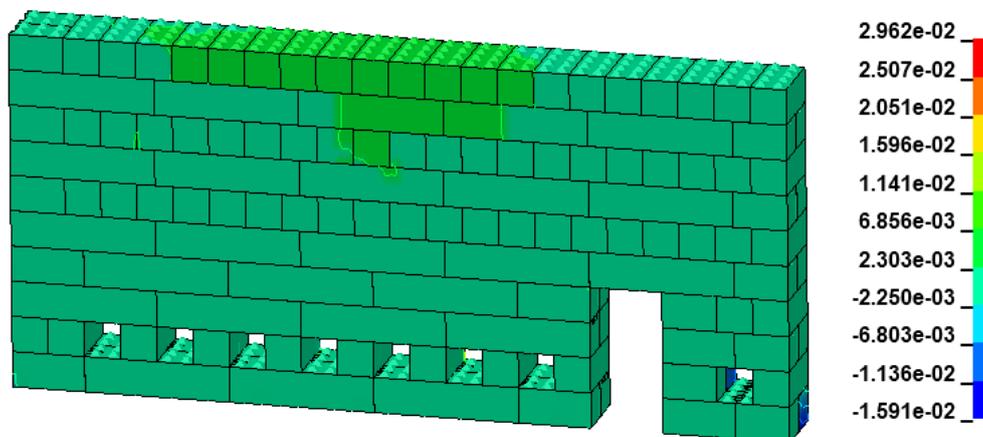
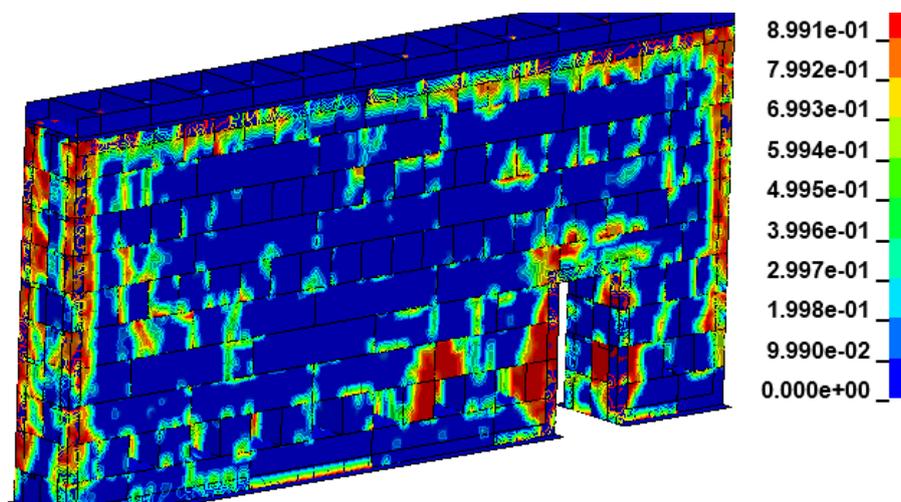


Рисунок 9 – Розподіл вертикальних переміщень бетонних елементів конструкційної системи захисної стіни з бетонних лего-блоків (м) після прикладення гравітаційного навантаження

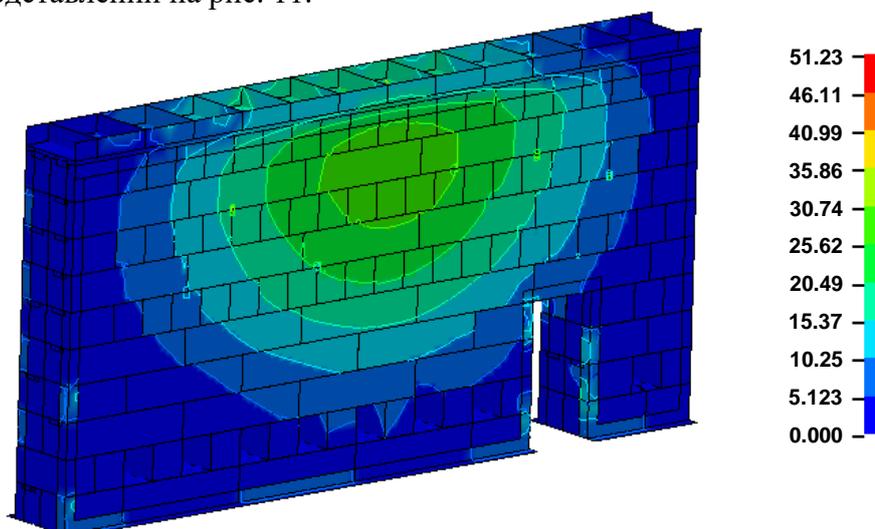
На рис. 9 можна побачити, що найбільшого переміщення зазнають верхні шари захисної стіни.

Для аналізу напружено-деформованого стану було побудовано розподіл пластичних деформацій після прикладення тиску від вибухової хвилі до поверхні конструкцій захисної стіни. Побудований розподіл представлений на рис. 10.



**Рисунок 10** – Розподіл пластичних деформацій у бетонних блоках конструкційної системи захисної стіни з бетонних лего-блоків після прикладення тиску від вибухової хвилі

Також для дослідження поведінки стіни було побудований розподіл переміщень після прикладення тиску від вибухової хвилі до поверхні конструкції захисної стіни. Побудований розподіл представлений на рис. 11.

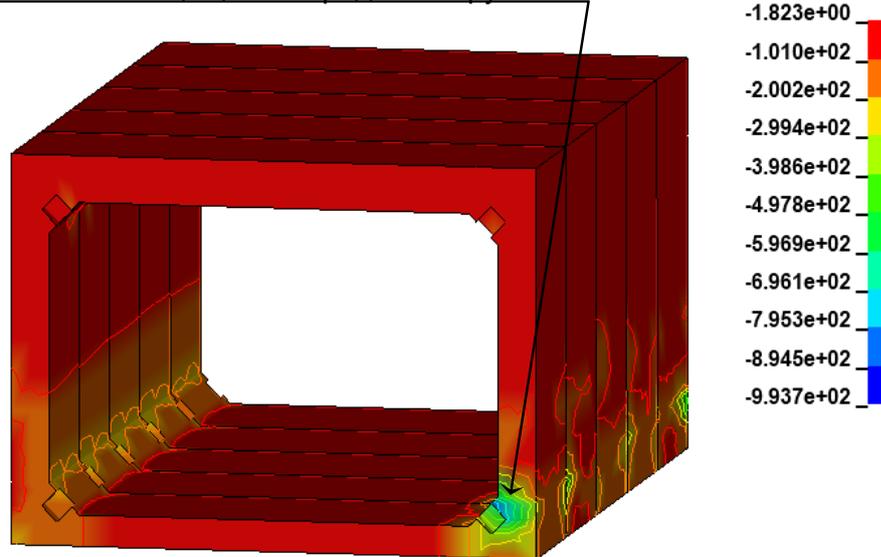


**Рисунок 11** – Розподіл повних переміщень (мм) у бетонних блоках конструкційної системи захисної стіни з бетонних лего-блоків після прикладення тиску від вибухової хвилі

Зображення на рис. 9 – 11 показує, що під впливом вибуху найбільших деформацій зазнають верхні поперечні лего-блоки, проте руйнування не відбувається.

Після проведення розрахунків було отримано результати, які дозволяють дослідити механізми руйнування або втрати цілісності конструкцій укриття і встановити взаємозв'язок цих аспектів із забезпеченням виконання його захисних функцій в умовах впливу вибуху. Для вивчення механізмів руйнування або втрати цілісності було досліджено вплив вибуху із максимально небезпечним поєднанням параметрів вибуху із тротилівим еквівалентом заряду  $m$  (TNT) = 30 кг, та мінімальною дистанцією від епіцентру вибуху до поверхні огороження укриття  $L = 0,5$  м [1–5].

Місця де виникає ініціація попередніх напружень

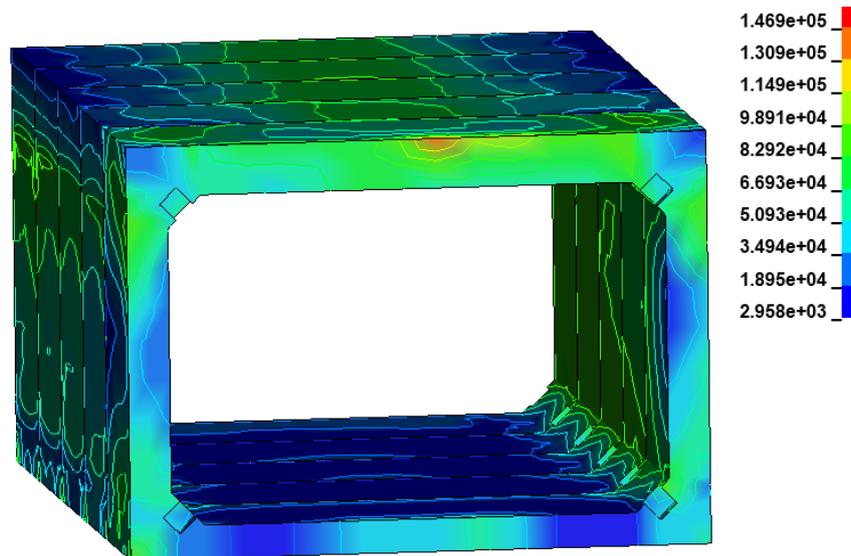


**Рисунок 12** – Розподіл третіх головних напружень у бетонних елементах системи (Па) після ініціації попереднього напруження через силу затягування болтового з'єднання

Як описано вище, навантаження системи відбувалося в два етапи на першому етапі прикладалося навантаження ініційованого попереднього напруження у з'єднувальних болтах через силу затягування та гравітаційного навантаження від власної ваги елементів системи. На рис. 12 представлено розподіл третього головного напруження у бетонних елементах системи, на якій можна прослідкувати виникнення напружень у місцях анкерування бетонних блоків.

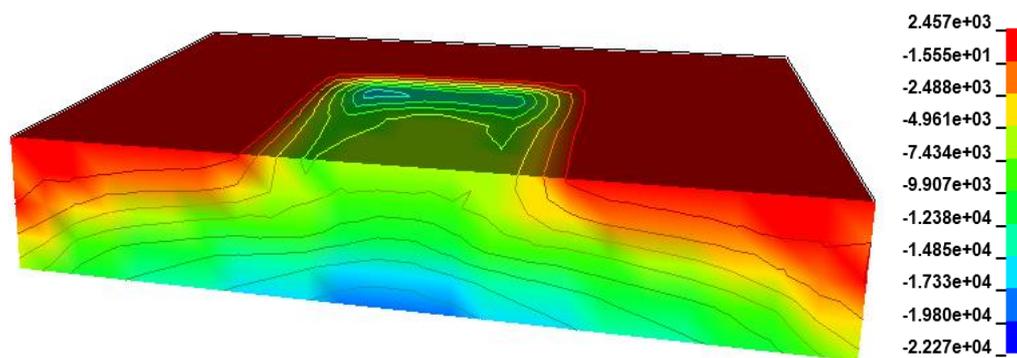
На рис. 12 можна побачити, що у місцях анкерування від ініціації попередніх напружень через силу затягування болтових з'єднань виникають помітні напруження стискання.

На рис. 13 представлено розподіл перших головних напружень у бетонних блоках від прикладеного гравітаційного навантаження перед прикладенням навантаження від вибухової хвилі.



**Рисунок 13** – Розподіл перших головних напружень у бетонних елементах системи (Па) після прикладання гравітаційного навантаження

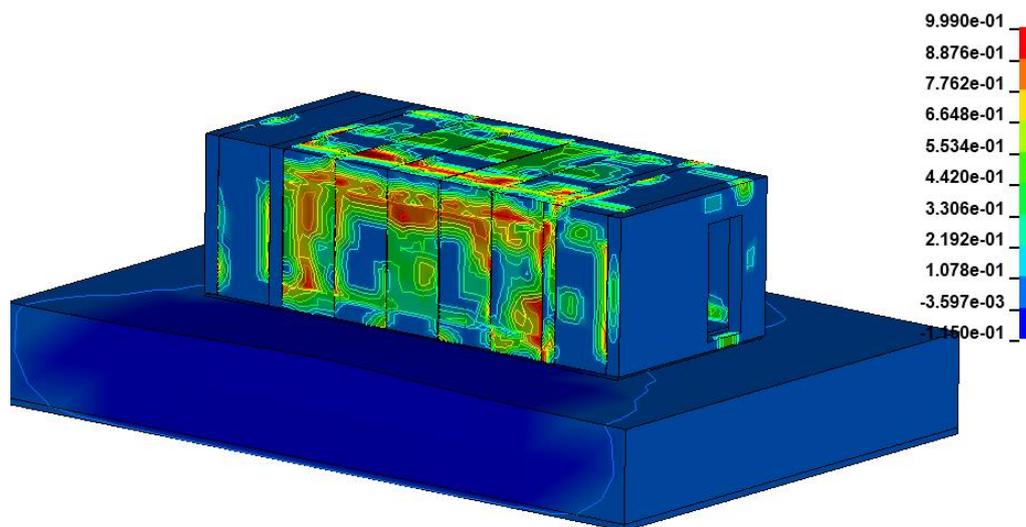
На рис. 14 представлено розподіл перших головних напружень у ґрунті від прикладеного гравітаційного навантаження перед впливом вибухової хвилі.



**Рисунок 14** – Розподіл перших головних напружень у ґрунті (Па) після прикладання гравітаційного навантаження

На рис. 12 – 14 можна побачити, що від прикладання попередніх навантажень в елементах системи ініціюється напружено-деформований стан і до системи може бути прикладене навантаження від вибухової хвилі.

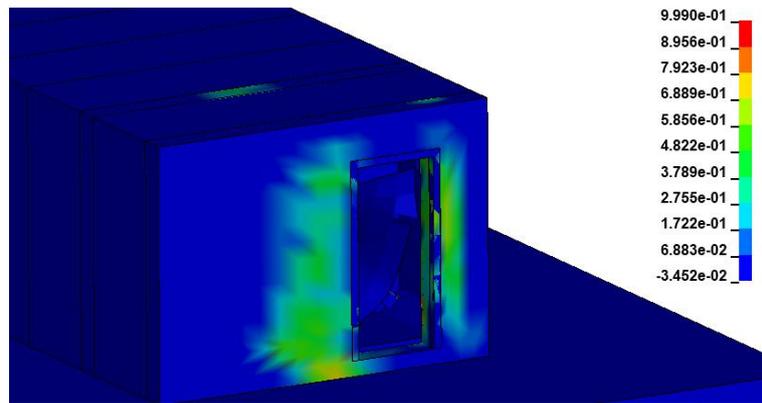
Для аналізу напружено-деформованого стану було побудовано розподіл пластичних деформацій після прикладення тиску від вибухової хвилі до поверхні конструкцій укриття для сценарію, коли епіцентр вибуху розташований з бічної сторони укриття. Побудований розподіл представлений на рис. 15.



**Рисунок 15** – Розподіл пластичних деформацій після прикладення тиску від вибухової хвилі ( $m$  (TNT) = 30 кг,  $L$  = 0,5 м,  $p_{max}$  = 56,4 МПа) до поверхні конструкцій укриття для сценарію, коли епіцентр вибуху розташований з бічної сторони укриття

Зображення на рис. 15 показує, що під впливом вибуху ґрунт спучився, а залізобетонні блоки піднялися на певну висоту над ґрунтом а потім опустилися на нього. Проте, можна зазначити, що вплив вибухової хвилі не призводить до руйнування самих бетонних блоків або їх перекидання. Характер руйнувань дозволяє припустити, що вони відбулися під впливом тиску ударної хвилі вибуху та сейсмічної хвилі, спровокованої вибухом, що спричинила нерівномірний рух залізобетонних блоків і як наслідок – руйнування болтових з'єднань.

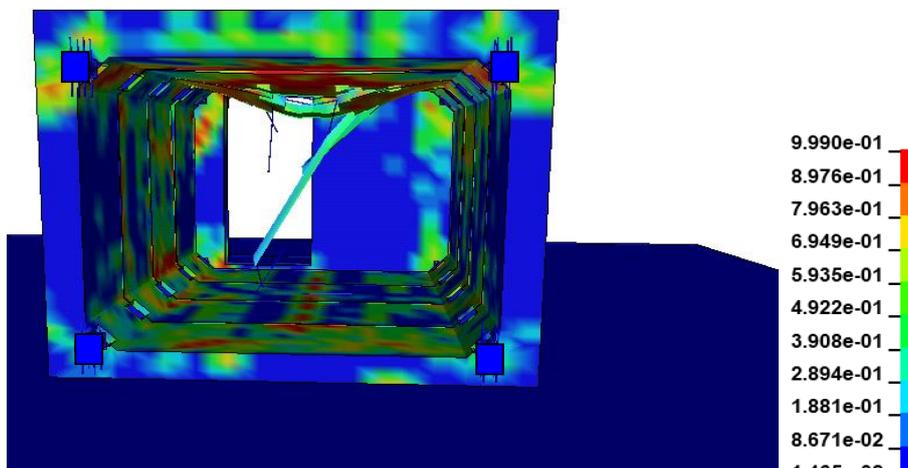
Також для аналізу напружено-деформованого стану було побудовано картину розподілення пластичних деформацій після прикладення тиску від вибухової хвилі до поверхні конструкцій укриття для сценарію, коли епіцентр вибуху розташований над верхньою горизонтальною поверхнею укриття посередині. Побудований розподіл представлений на рис. 16.



**Рисунок 16** – Розподіл пластичних деформацій після прикладення тиску від вибухової хвилі ( $m$  (TNT) = 30 кг,  $L = 0,5$  м) до поверхні конструкцій укриття для сценарію, коли епіцентр вибуху розташований з торцевої поверхні укриття, ближче до дверей

Зображення на рис. 16 показує, що під впливом вибуху ґрунт спучився, металеві двері сильно деформувалися, а залізобетонні блоки піднялися на певну висоту над ґрунтом і потім опустилися на нього. Роз'єднання залізобетонних блоків не відбулося внаслідок руйнування болтових з'єднань. Також, можна зазначити, що вплив вибухової хвилі не призводить до руйнування самих бетонних блоків, або їх перекидання. Характер руйнувань також дозволяє припустити, що вони відбулися під впливом тиску ударної хвилі вибуху та сейсмічної хвилі, спровокованої вибухом, що спричинила нерівномірний рух залізобетонних блоків і як наслідок – руйнування болтових з'єднань [1, 3].

Також для аналізу напружено-деформованого стану було побудовано картину розподілення пластичних деформацій після прикладення тиску від вибухової хвилі до поверхні конструкцій укриття для сценарію, коли епіцентр вибуху розташований над верхньою горизонтальною поверхнею укриття посередині. Побудований розподіл представлений на рис. 17.



**Рисунок 17** – Розподіл пластичних деформацій після прикладення тиску від вибухової хвилі ( $m$  (TNT) = 30 кг,  $L = 0,5$  м) до поверхні конструкцій укриття для сценарію, коли епіцентр вибуху розташований над верхньою горизонтальною поверхнею укриття посередині

Зображення на рис. 17 показує, що під впливом вибуху ґрунт не спучився, металеві двері не деформувалися, а залізобетонні блоки не піднімалися на певну висоту над ґрунтом. Роз'єднання залізобетонних блоків не відбулося внаслідок руйнування болтових з'єднань. Також, можна зазначити, що вплив вибухової хвилі призводить до руйнування самих бетонних блоків. Різниця характеру руйнування укриття зумовлена тим, що укриття вільно опирається на ґрунт і кінетична енергія, надана елементам системи, витрачається не на їх деструкцію, а на надання імпульсу, що призводить до їх руху.

## 2. Математичне моделювання впливу вибуху із проникненням для конструкцій захисних споруд в умовах зіткнення із ударними БПЛА та ракетами

Для моделювання проникнення під поверхню захисних конструкцій та одночасного вибуху ракет та ударних безпілотних літальних апаратів (БПЛА) було розглянуто два типи таких бойових засобів – крилата ракета Х-555 із звичайною бойовою частиною та ударний БПЛА типу «Shahed 136».

Крилата ракета повітряного базування Х-55 (з ядерною БЧ) та її модифікація Х-555 (зі звичайною БЧ) призначені для завдання ударів по стаціонарних наземних об'єктах державного та військового управління противника у стратегічній глибині.

Зовнішньою конструктивною відмінністю КРПБ Х-555 від Х-55 є наявність додаткових аеродинамічних поверхонь у носовій частині ракети. На рис. 18 наведено зовнішній вигляд ракети цього типу.



Рисунок 18 – Зовнішній вигляд крилатої ракети повітряного базування Х-55/Х-555

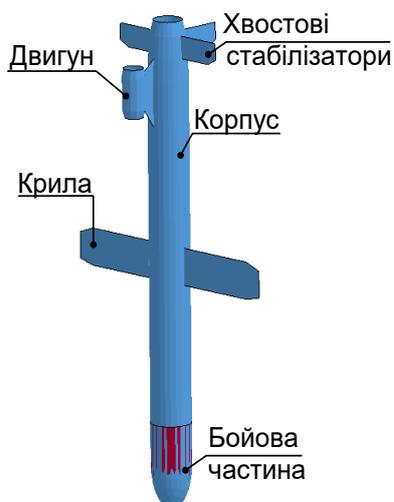
У табл. 4 наведені основні технічні характеристики крилатої ракети повітряного базування Х-55/Х-555.

Таблиця 4

### Технічні характеристики крилатої ракети повітряного базування Х-55/Х-555

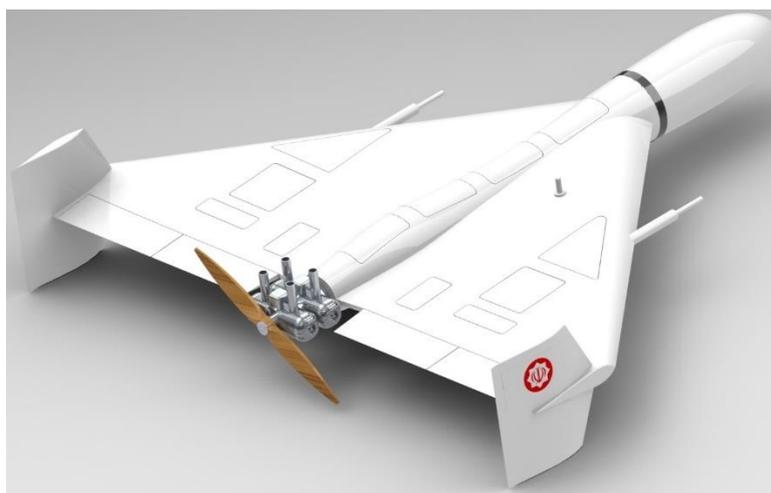
|  |   |
|--|---|
| Розміри, м<br>довжина<br>діаметр<br>розмах крила   | 6,04<br>0,514<br>3,1  |
| Дальність, км:<br>Х-55<br>Х-55СМ<br>Х-555 у базовому виконанні<br>Х-555 з додатковими паливними баками | 2500<br>3000<br>2000<br>2500  |
| Стартова вага, кг:<br>Х-55<br>Х-555 у базовому виконанні<br>Х-555 з додатковими паливними баками       | 1185<br>1280<br>1500  |
| Тип бойової частини (потужність, кт)<br>Х-55, Х-55СМ<br>Х-555  | Ядерна (200)<br>Осколково-фугасна, проникна, касетна  |
| Вага бойової частини, кг<br>Х-55, Х-55СМ<br>Х-555  | 410<br>450  |
| Система управління:<br>Х-55, Х-55СМ<br>Х-555   | ІНС з корекцією по рельєфу місцевості (КРМ);<br>ІНС з КРМ, ГЛОНАСС  |
| Вид і тип двигуна  | ТРДД Р-95ТМ-300   |
| Швидкість польоту крейсерська, число М, (висота польоту на маршовій та кінцевій ділянках, м)           | 0,77 (40–110)   |
| Клас цілі  | Наземна   |
| Кругове імовірне відхилення, м   | 20  |
| Вид носія  | Ту-160 – до 12 Х-55/Х-555 у двох катапультних пристроях;<br>Ту-95МС – до 6 Х-55/Х-555 у катапультному пристрої (МС6)<br>та до 10 додатково – на підкрильних пілонах (Ту-95МС16) |

На рис. 19 наведено загальну розрахункову схему конструкції крилатої ракети повітряного базування Х-55/Х-555.



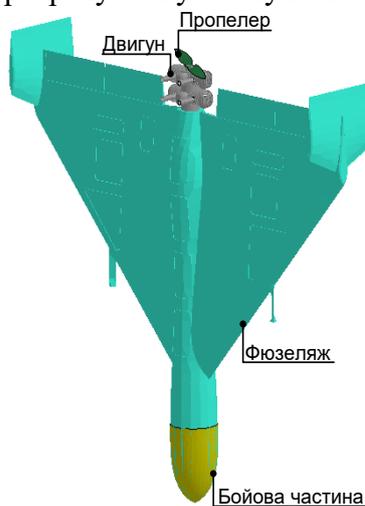
**Рисунок 19** – Розрахункова схема компонентів моделі крилатої ракети повітряного базування Х-55/Х-555

БПЛА типу «монокрило» «Shahed 136» використовується для враження об'єктів критичної інфраструктури. Зовнішній вигляд цього типу БПЛА поданий на рис. 20.



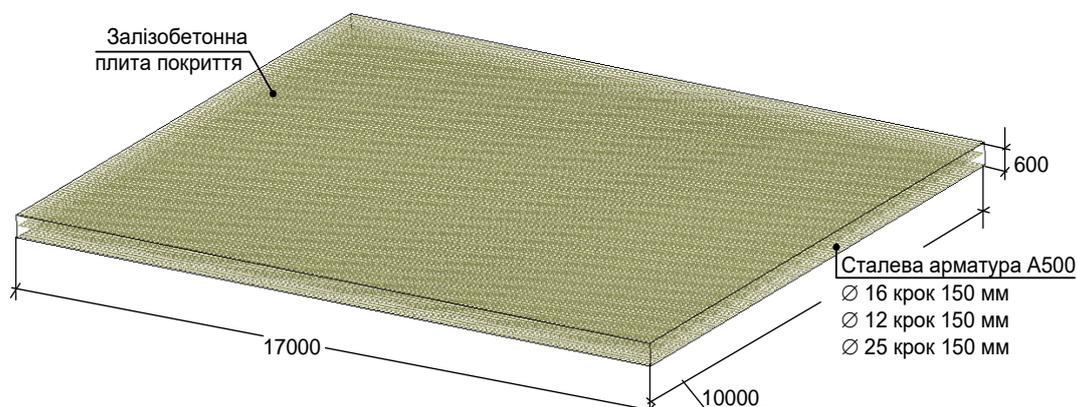
**Рисунок 20** – Зовнішній вигляд ударного безпілотного літального апарата типу «Shahed 136»

На рис. 21 наведено загальну розрахункову схему конструкції БПЛА типу «Shahed 136».



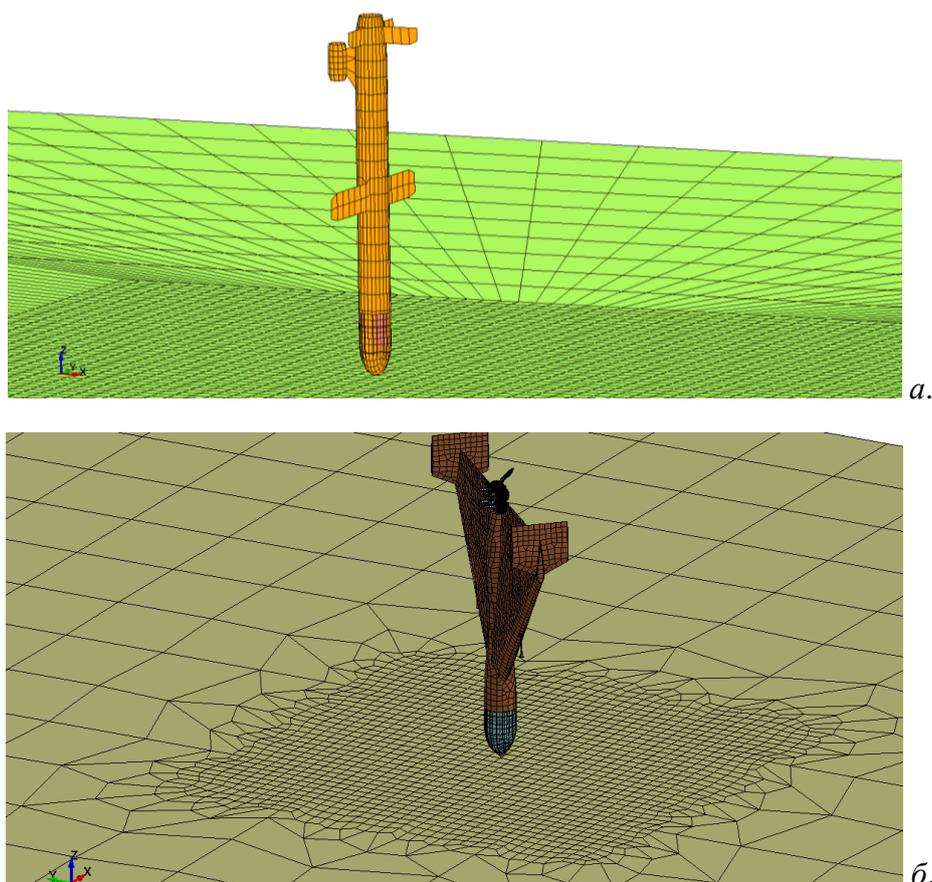
**Рисунок 21** – Розрахункова схема компонентів моделі безпілотного літального апарата типу «Shahed 136»

Для моделювання процесу проникнення із одночасним вибухом було розглянуто залізобетонну плиту товщиною 600 мм. На рис. 22 показано конструкцію цієї плити [8, 9].



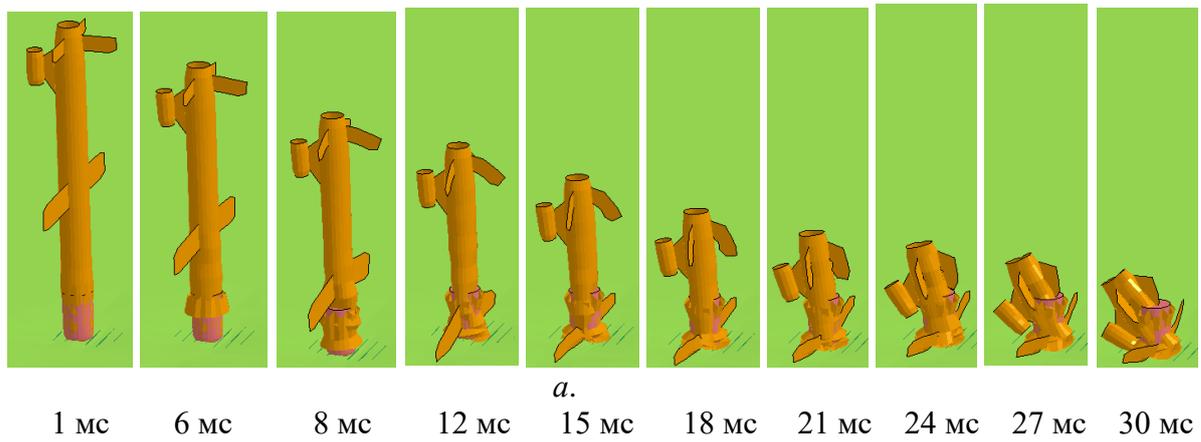
**Рисунок 22** – Розрахункова схема внутрішніх компонентів плити покриття фрагмента захисної споруди

На рис. 23 наведені скінченно-елементні схеми крилатої ракети, ударного БПЛА разом із залізобетонною плитою. Дані схеми містять компоненти моделі, що взаємодіють між собою при наданні ракеті та ударному БПЛА відповідних початкових швидкостей. Крилата ракета має початкову швидкість 261,8 м/с (942 км/год), а ударний БПЛА має швидкість 55,55 м/с (200 км/год).



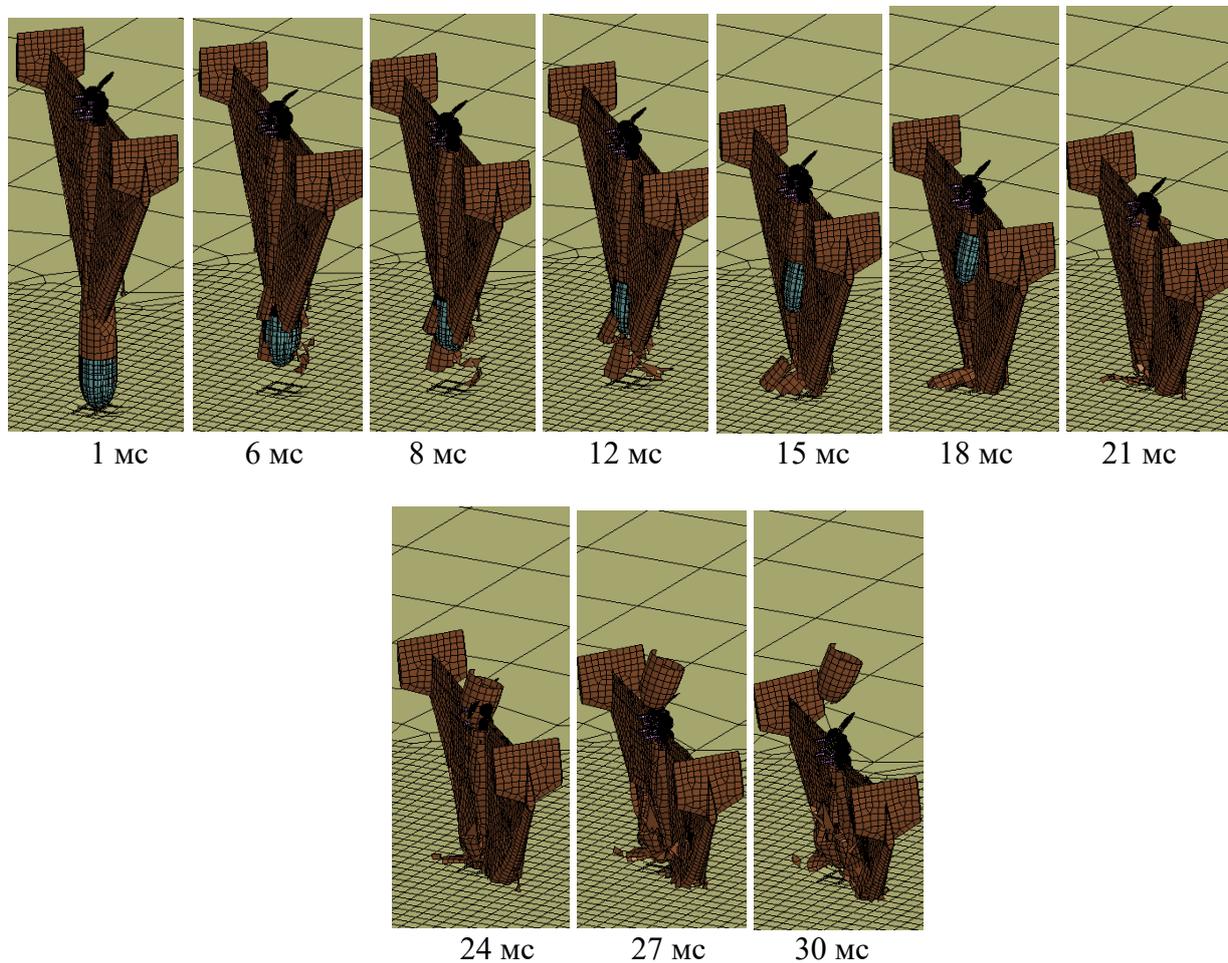
**Рисунок 23** – Скінченно-елементні схеми крилатої ракети (а), ударного БПЛА (б) разом із залізобетонною плитою

Для аналізу проникнення корпусу та бойової частини ракети було побудовано деформаційну схему покриття захисної споруди та конструктивної системи ракети ( рис. 24).



**Рисунок 24** – Деформаційні схеми покриття захисної споруди та конструктивної системи ракети у різні моменти часу для випадку ураження крилатою ракетою

Для аналізу проникнення корпусу та бойової частини БПЛА було побудовано деформаційну схему покриття захисної споруди та конструктивної системи БПЛА (рис. 25).



**Рисунок 25** – Деформаційні схеми покриття захисної споруди та конструктивної системи БПЛА у різні моменти часу для випадку ураження ударним БПЛА

Аналізуючи деформаційні схеми, подані на рис. 24 та рис. 25, можна зазначити, що проникнення у бетонні конструкції бойової частини ракети та ударного БПЛА не спостерігається, що дає змогу стверджувати, що кінетичний вплив при ударі конструктивної системи ракети по компонентах конструктивної системи покриття захисної споруди неістотно підвищує вплив вибуху.

Для аналізу напружено-деформованого стану було побудовано картини розподілення еквівалентних пластичних деформацій у покритті фрагмента захисної споруди після прикладення сили вибухової хвилі до сегментів, що визначені щодо впливу вибуху та після максимального заглиблення ракети і ударного БПЛА під поверхню відповідного компонента конструктивної системи захисної споруди для обох сценаріїв ураження. Побудована картина показана на рис. 26.

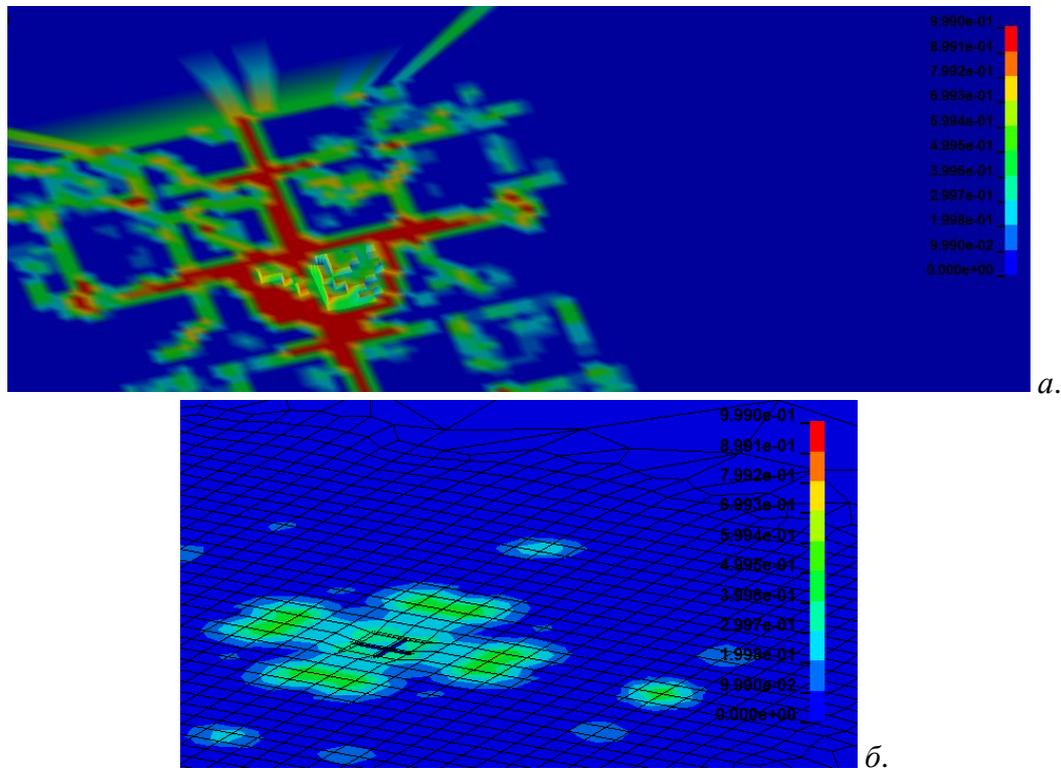


Рисунок 26 – Розподіли пластичних деформацій у частині покриття та стіни при першому (а) та другому (б) сценаріях ракетної атаки, де відбувається ураження

Аналіз розподілів пластичних деформацій у частині покриття при першому та другому сценаріях атаки, де відбувається враження показує, що у випадку другого сценарю атаки ударного БПЛА руйнування не відбувається. У випадку першого сценарію ураження крилатою ракетою внутрішня поверхня покриття зазнає руйнувань.

Для більш точного аналізу було побудовано графік найбільшого переміщення плити покриття при сценарії ракетної атаки (рис. 27).

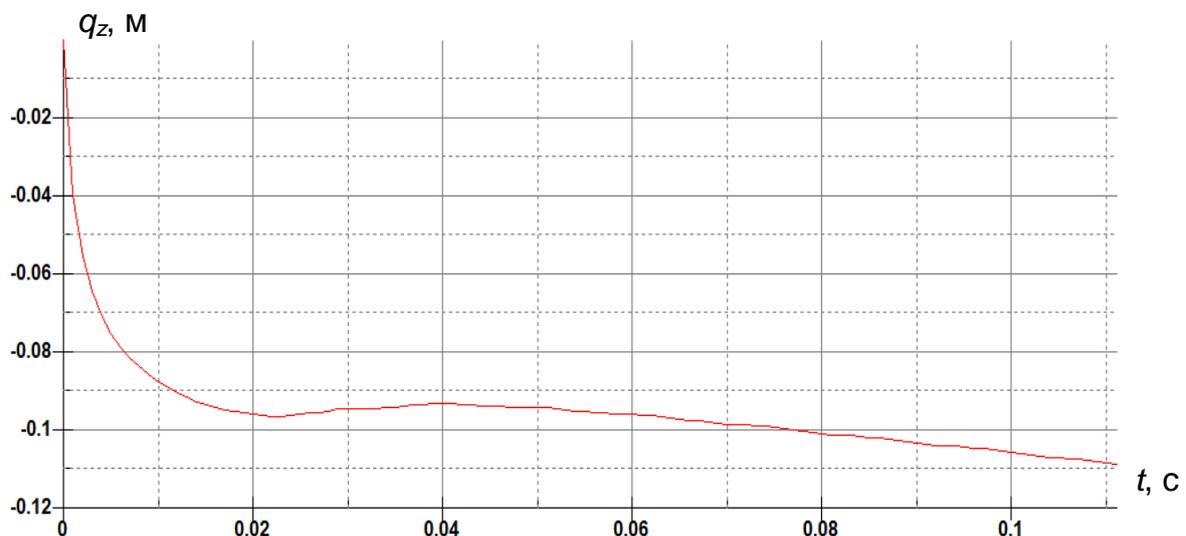


Рисунок 27 – Графік найбільшого переміщення плити покриття для сценарію ураження крилатою ракетою

Також було побудовано графік найбільшого переміщення плити покриття що зазнає найбільшого переміщення при сценарії атаки ударним БПЛА (рис. 28).

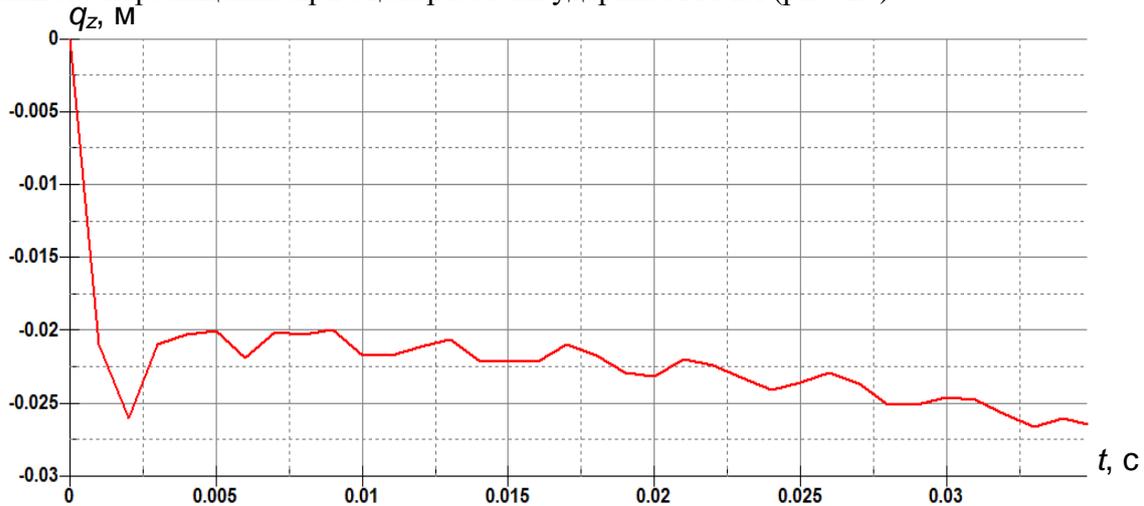


Рисунок 28 – Графік найбільшого переміщення плити покриття для сценарію ураження крилатою ракетою

Як можна побачити з графіків переміщень, наведених на рис. 28, лавиноподібного збільшення переміщень у найбільш небезпечних точках конструктивної системи не спостерігається. Спостерігається різке збільшення переміщення, проте потім воно стабілізується у коливальному процесі. Тож руйнування компонентів конструктивної системи захисної споруди не спостерігається.

### 3. Математичне моделювання поведінки тросових захисних екранів при їх зіткненні з ударними БПЛА

Захисний протидроновий купол призначений для блокування ударних БПЛА на певній відстані від основних конструкцій захисної споруди для того, щоб зменшити небезпечний вплив вибуху на них. В даному випадку безпечна відстань становить 7 м. Цей купол складається із сталевих тросів, з'єднаних між собою хомутами та закріплених на несучих фермах та балках.

Схема розташування захисних конструкцій купола наведена на рис. 29. Також на цьому рисунку представлена конструктивна схема опорних конструкцій протидронового екрана.

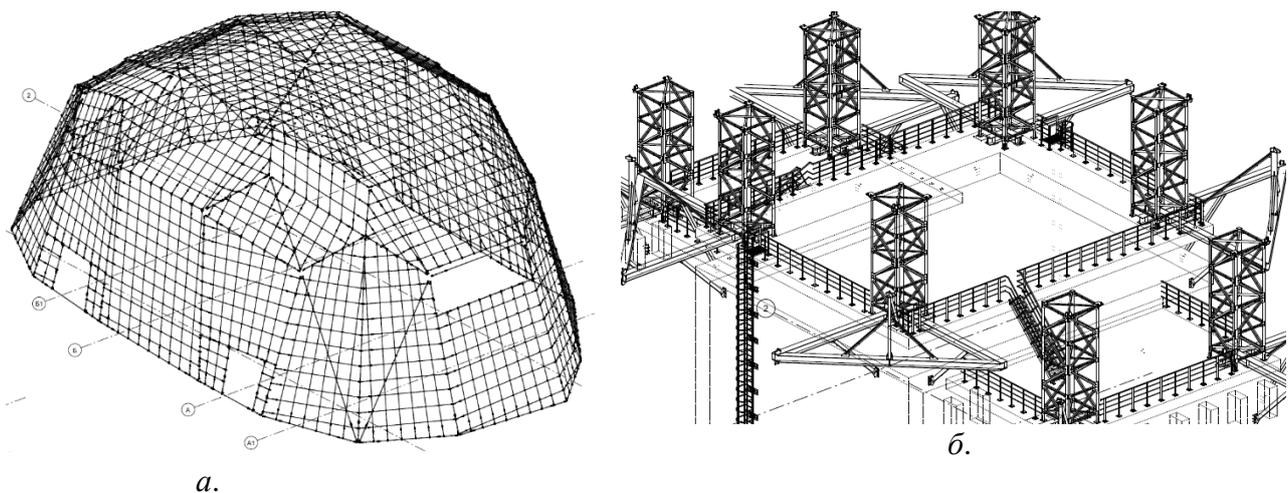


Рисунок 29 – Схема розташування захисних конструкцій антидронових купола: а – схема сітки тросів; б – система опорних конструкцій сітки тросів

Ідея розрахунку полягає у перевірці впливу на конструкції антидронових купола при зіткненні із ними найбільш поширеного ударного БПЛА. Безумовно найбільш поширеним

ударним БПЛА, що використовується для ураження об'єктів критичної інфраструктури, є БПЛА типу «монокрило» «Shahed 136», зовнішній вигляд цього типу БПЛА поданий на рис. 20.

Для моделювання напружено-деформованого стану (НДС) у елементах захисного протидронового купола, був застосований комплекс припущень та спрощень при формулюванні задачі [1, 45- 47].

1. Для математичного моделювання поведінки захисних конструкцій антидронового купола розглядаються тільки її основні захисні конструкції тобто троси, що є основними елементами захисного екрана.

2. Найбільш небезпечний вплив навантажень при вибуху на конструкції купола розглядається для частини тросів захисного екрана та його основних несучих елементів, що обґрунтовано обмежується враховуючи особливості взаємодії конструктивної системи захисного купола.

3. Конструктивна система купола не включає з'єднувальні деталі а здійснює об'єднання кінематичних характеристик вузлів елементів засобами програмного забезпечення при введенні відповідних в'язей.

4. На границях між конструктивними елементами встановлюються граничні умови за допомогою уведення відповідних ідеалізованих механічних в'язей.

5. Для моделювання поведінки конструктивної системи захисного антидронового купола в умовах вибуху розглядається його частина, що частково відтворює цю систему у межах найбільш значущого впливу конструктивних елементів на її поведінку при зіткненні із ударними БПЛА та їхнім можливим вибухом.

6. За умови зіткнення із БПЛА конструктивних елементів захисного купола, фрагментації елементів БПЛА, фрагментовані частини взаємодіють між собою, падають на плиту покриття споруди та впливають на неї через контактну взаємодію.

7. Критерієм настання стану, що є небезпечним для порушення функціональної здатності купола блокувати БПЛА є лавиноподібне нарощення відповідних переміщень захисних елементів та/або дотик елементів БПЛА до захисних конструкцій споруди.

8. При вивченні процесу взаємодії БПЛА із захисним куполом використовується комп'ютерна система LS-DYNA (Livermore Software Dynamic), розроблена фахівцями Національної Ліверморської лабораторії ім. Лоуренса, Каліфорнійського університету США (Lawrence Livermore National Laboratory, LLNL). У цей момент код комп'ютерної системи LS-DYNA є частиною комплексу розрахункових інженерних систем ANSYS Workbench і також входить як блок в окрему частину цього комплексу ANSYS APDL. При цьому пре/постпроцесор даної системи надається як безкоштовний програмний додаток розробниками, а ліцензія на розрахунки створених моделей надається в програмному забезпеченні ANSYS Workbench або ANSYS APDL. Комп'ютерна система LS-DYNA призначена для моделювання імпульсних впливів на конструктивні системи й моделювання результату цих впливів з використанням рівнянь динаміки в кінцево-елементній реалізації, контролю контакту й зусиль відклику на контактну взаємодію за допомогою методу штрафних функцій, динамічного перебудування сітки кінцевих елементів при її резонансу й поділу на окремі частини, здатні до подальшої контактної взаємодії. На рис. 30 наведено загальну розрахункову схему конструкцій захисного протидронового купола.

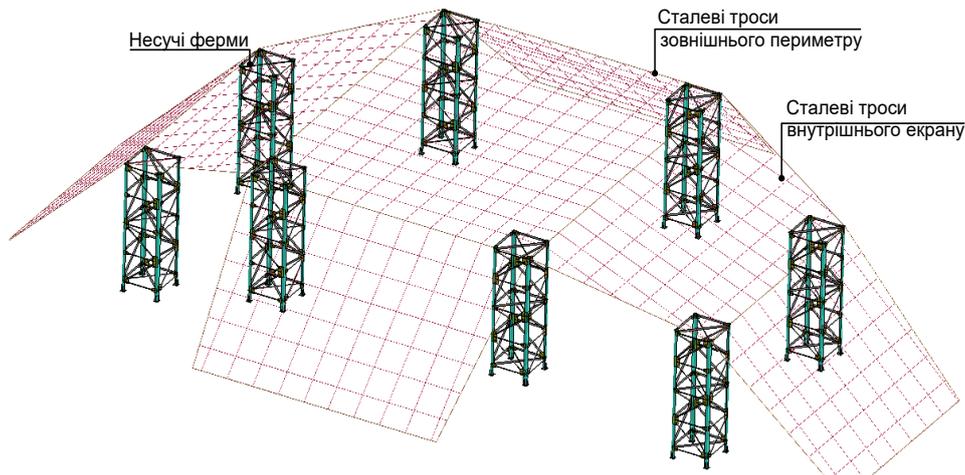


Рисунок 30 – Розрахункова схема частини захисного протидронового купола

Розрахункова схема захисного купола включає його частину, яка буде піддана аналізу. Обмеження конструктивної системи здійснено з огляду на особливості взаємодії між захисними тросами та несучими елементами. Зокрема врахований несуттєвий силовий вплив тросів, що мають розташування у вертикальних площинах, або близькі до такого розташування. Також враховано, що навантаження від зіткнення БПЛА із захисним екраном у менший мірі передаються на балки несучої системи купола [45 - 50].

Технічні дані, які необхідні для моделі несучих ферм, наведені в табл. 5. У цій таблиці зазначені основні характеристики для моделі матеріалу сталі PLASTIC KINEMATIC MAT type No 003.

Таблиця 5

Параметри моделі PLASTIC KINEMATIC MAT type No 003

| Арматурн. елемент | Коеф. Пуасона | Модуль пруж., ГПа | Межа текуч., МПа | Густина, кг/м <sup>3</sup> | Гранична деформація | Швидкість деф. |
|-------------------|---------------|-------------------|------------------|----------------------------|---------------------|----------------|
| Сталеві балки     | 0.3           | 210               | 255              | 7850                       | 0.15                | Враховується   |

Для моделювання тросів використовується матеріал \*MAT\_MOMENT\_CURVATURE\_BEAM type No 166.

На рис. 31 показана схема елементів фрагмента купола й відповідних їм моделей матеріалів.

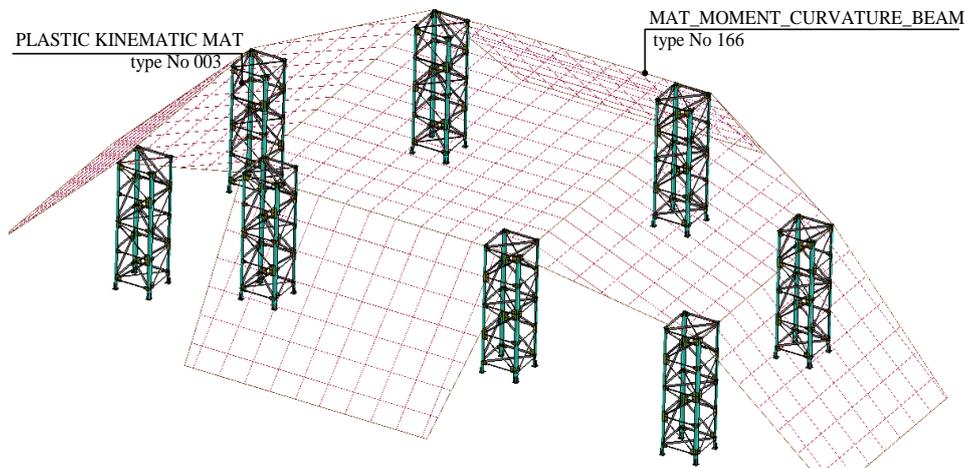
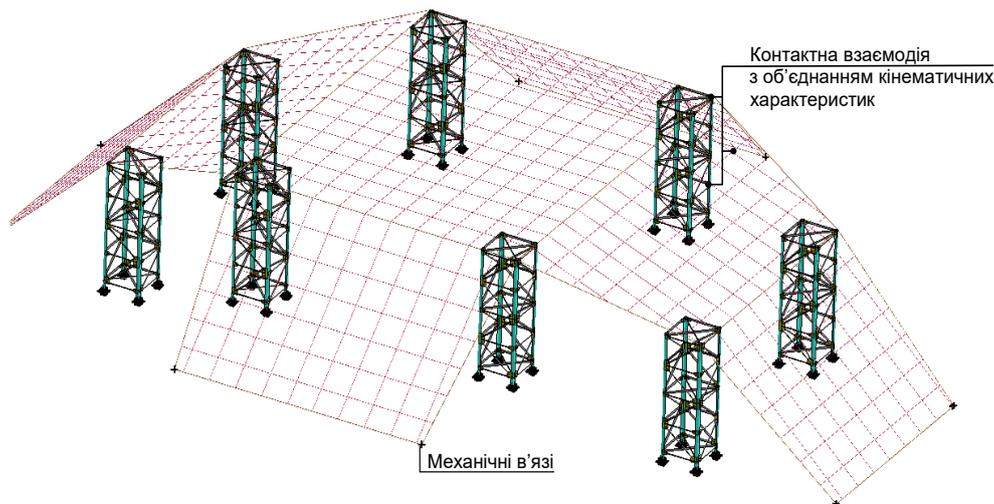


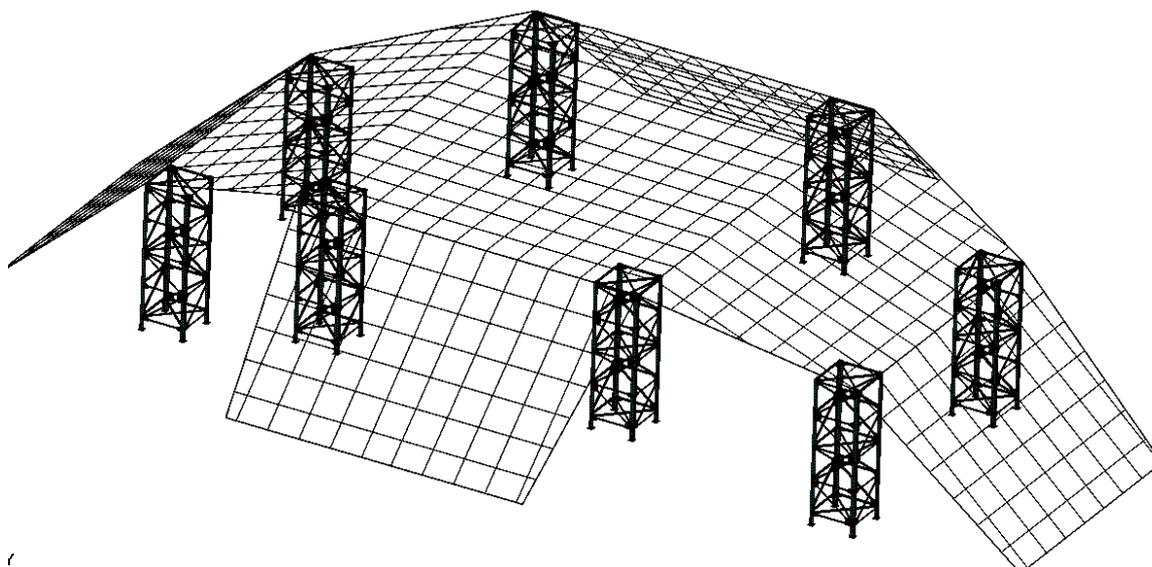
Рисунок 31 – Схема використаних моделей матеріалів для моделювання захисного протидронового купола

На рис. 32 наведена схема конструкцій захисного купола із прикладеними граничними умовами.



**Рисунок 32** – Схема прикладання граничних умов до компонентів конструктивної системи захисного антидронових купола

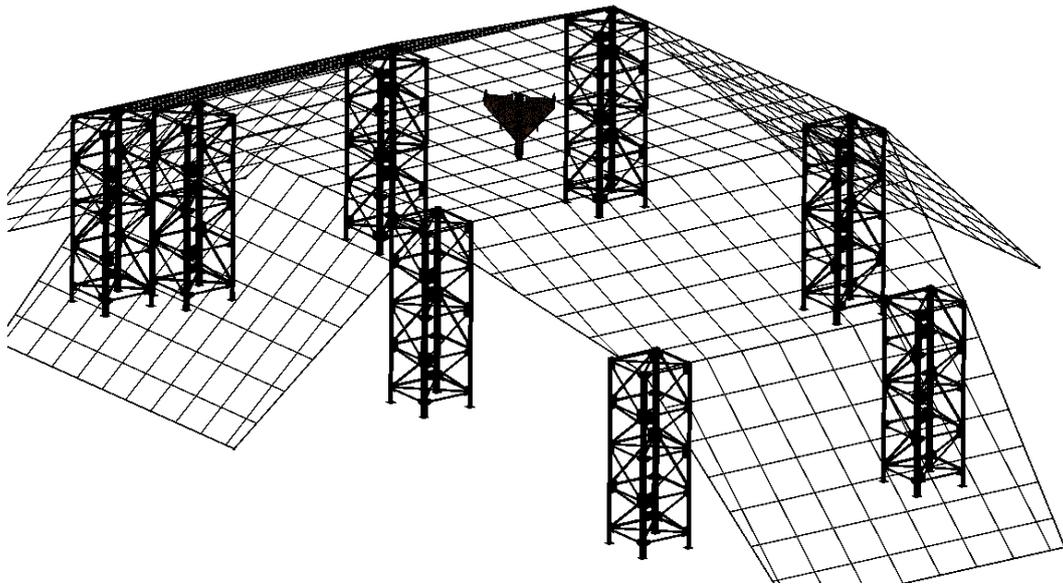
Скінченно-елементна схема фрагмента купола наведена на рис. 33.



**Рисунок 33** – Скінченно-елементна схема компонентів фрагмента захисного протидронового купола

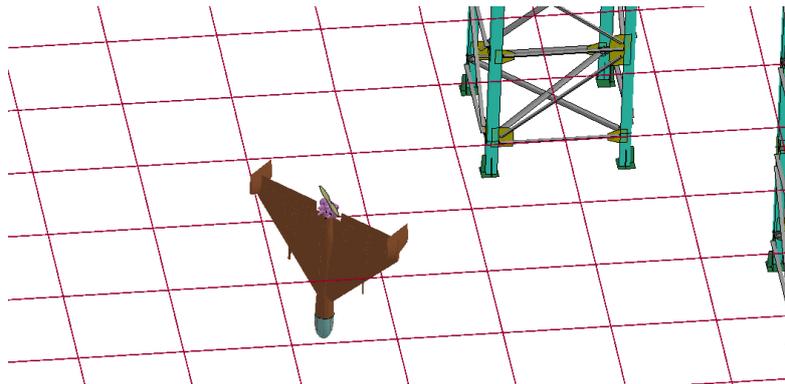
Як можна побачити на скінченно-елементній схемі (рис. 33) сітка СЕ фрагмента захисного протидронового купола має різне розрідження: щільність СЕ елементів ферм набагато більша за інші компоненти.

Таким чином було отримано компоненти повної моделі, яка поєднана у єдиний комплекс. Отримані кінцево-елементні моделі представлені на рис. 34. Ця модель при відтворенні зіткнення БПЛА та захисних елементів антидронових купола використовує узагальнену контакту взаємодію.



**Рисунок 34** – Об'єднана кінцево-елементна схема для моделювання взаємодії безпілотного літального апарата типу «Shahed 136» та захисного протидронового купола

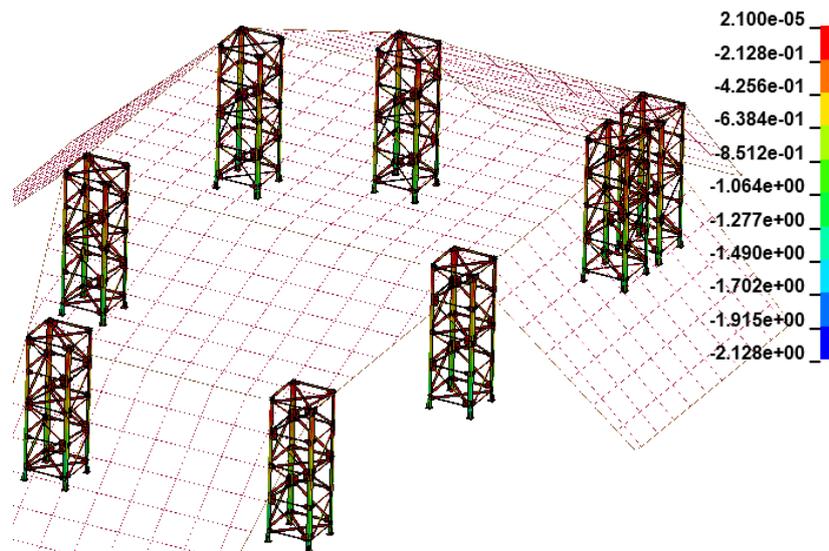
При моделюванні взаємодії безпілотного літального апарата типу «Shahed 136» та захисного протидронового купола враховано, що крила БПЛА розташовані по діагоналі комірки екрана, утвореного тросами. На рис. 35 показано розташування БПЛА по відношенню до комірок захисного купола.



**Рисунок 35** – Схема розташування БПЛА відносно комірки екрана, утвореного тросами, для моделювання взаємодії безпілотного літального апарата типу «Shahed 136» та захисного протидронового купола

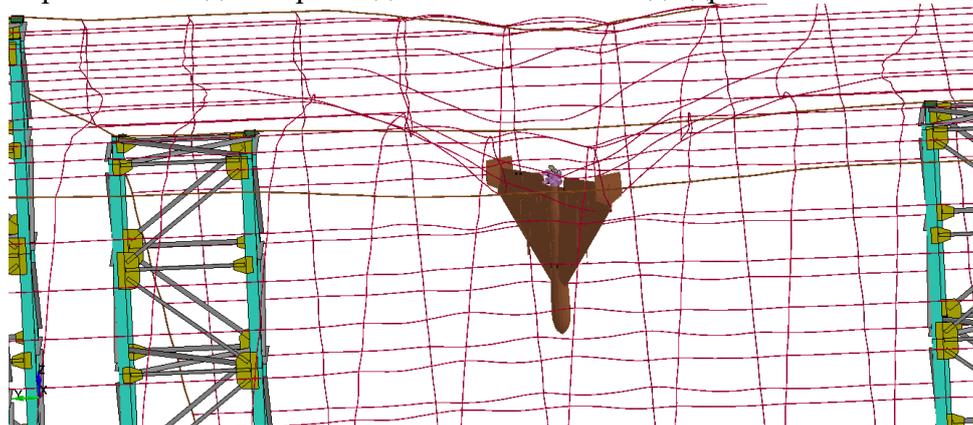
Після проведення розрахунків було отримано результати, які дозволяють дослідити механізми руйнування захисного купола при зіткненні БПЛА з його елементами.

Як описано вище, навантаження системи відбувалося в два етапи. На першому етапі прикладалося гравітаційне навантаження власною вагою елементів системи. На рис. 36 представлено розподіл найменших головних напружень у несучих фермах, що утримують троси екрана після прикладення гравітаційного навантаження.



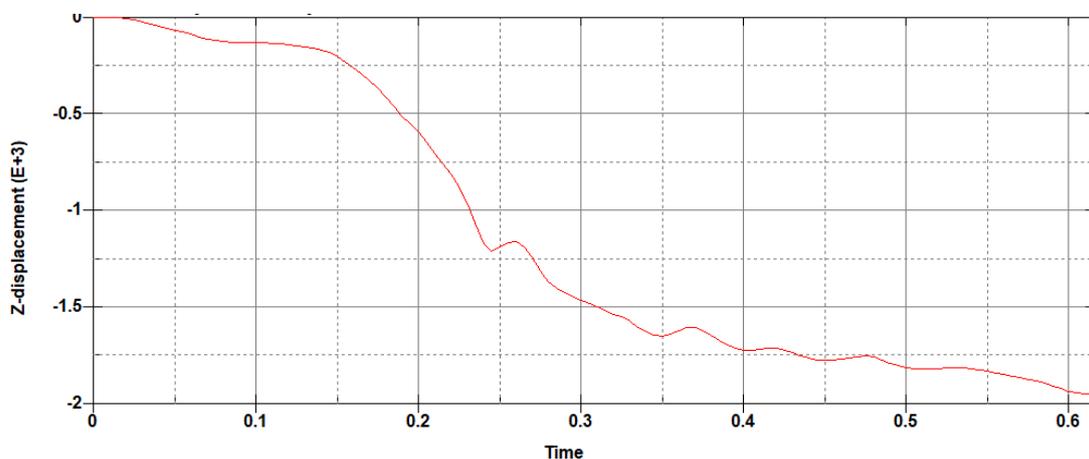
**Рисунок 36** – Розподіл найменших головних напружень у несучих фермах, що утримують троси екрана після прикладення гравітаційного навантаження

Під час зіткнення між тросами захисного купола та БПЛА відбувається контактна взаємодія. На рис. 37 наведено приклад контактної взаємодії дрона.



**Рисунок 37** – Приклад контактної взаємодії дрона

На даному рисунку видно, що троси контактують із дроном, утримують його та при цьому не руйнуються. На рис. 38 наведено графік вертикального переміщення точки контакту дрона та тросів захисного екрана.



**Рисунок 38** – Графік вертикального переміщення точки контакту дрона та тросів захисного екрана

Графік (рис. 38) показує, що троси захисного купола блокують переміщення БПЛА. Отже захисні конструкції купола зберігають свої захисні функції і ця протидронова система є ефективною.

Наступним етапом є моделювання впливу вибуху на конструкції захисного екрана. Для цього був змодельований вплив з епіцентром посередині комірки (найближча відстань від тросу  $L = 0.75$  м, маса вибухової речовини у заряді БПЛА  $m$  (TNT) = 30 кг). Максимальний тиск на троси становить  $P_{inc} = 13,593$  МПа. Після проведення розрахунку було отримано криву максимального переміщення найбільш навантаженої точки тросів, яка наведена на рис. 39.

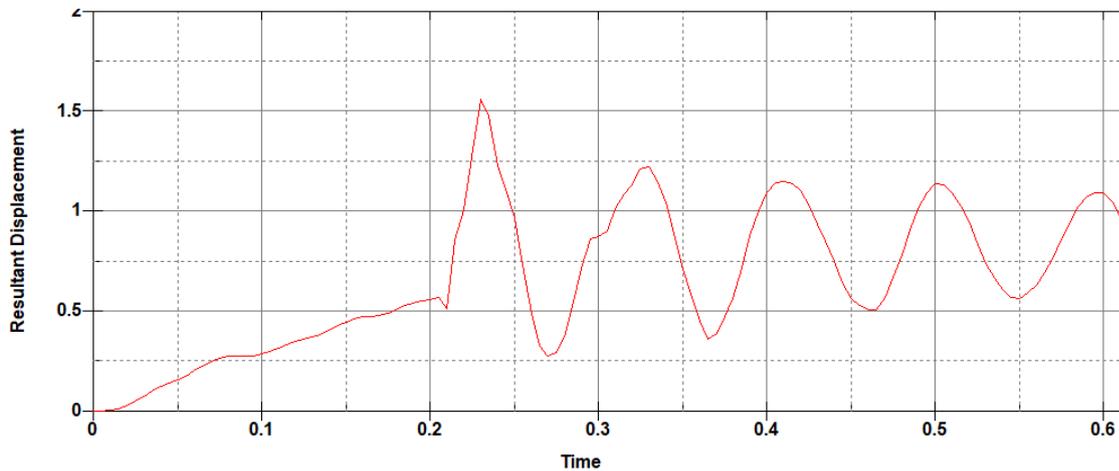


Рисунок 39 – Крива максимального переміщення найбільш навантаженої точки тросів під впливом вибуху безпілотного літального апарата

Крива (рис. 39) показує, що троси захисного купола не руйнуються під впливом вибуху. Отже захисні конструкції купола зберігають свої захисні функції і ця протидронова система є ефективною.

### Висновки

У дослідженні обґрунтовано та реалізовано розрахунково-теоретичний підхід до оцінки функціональної придатності захисних споруд та елементів інженерного захисту в умовах застосування засобів повітряного нападу противника.

Використання сучасних методів числового моделювання (метод скінченних елементів, явний метод інтегрування рівнянь динаміки, моделі контактної взаємодії та нелінійні моделі матеріалів) дало змогу отримати уявлення щодо механізмів руйнування та показників втрати цілісності захисних конструкцій.

Встановлено закономірності взаємозв'язку між параметрами вибуху та стійкістю конструктивних елементів споруд (зокрема стін з бетонних леґо-блоків), що має важливе значення для оцінки їх залишкової захисної здатності.

Результати моделювання ударів крилатої ракети X-555 та ударного БПЛА типу «Shahed-136» підтвердили необхідність урахування багатофакторних впливів при оцінці стійкості споруд і захисних екранів.

Запропоновані методики можуть бути застосовані для вдосконалення проектних рішень нових захисних споруд, модернізації та експлуатації існуючих, а також для розробки нормативних документів у сфері цивільного захисту.

Практичне значення роботи полягає у підвищенні рівня безпеки населення та об'єктів критичної інфраструктури завдяки науково обґрунтованій оцінці надійності захисних споруд в умовах сучасних воєнних загроз.

## Список використаних джерел

1. Толоч І. В., Рибка Є. О., Поздєєв С. В., Кустов М. В., Новгородченко А. Ю., Пліско Ю. В. Закономірності поведінки залізобетонних конструкцій модульних укриттів в умовах вибуху. *Problems of Emergency Situations*. 2024. № 2(40).
2. Некора В., Ніжник В., Поздєєв С., Луценко Ю., Михайлов В. Особливості та перспективи ефективного функціонування захисних споруд цивільного захисту в умовах бойових дій. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2023. Вип. 1(15). С. 149–157.
3. Поздєєв С., Новгородченко А., Шналь Т., Яковчук Р., Тур Н. Математичне моделювання розрахункових схем конструкцій модульного захисного укриття. *Том 7 № 2 (2023): Збірник наукових праць Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України «Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація»*.
4. Поздєєв С., Куліца О., Трошкін С., Панченко П., Сагдієв М. Прогнозування виникнення аварійної ситуації в мобільній котельні. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація* 7 (1), С. 107-118.
5. Шарко О., Поздєєв С., Ніжник В., Святошенко С., Новгородченко О. Модульне захисне укриття. Патент на корисну модель № 155567. Зареєстровано в Державному реєстрі України корисних моделей 13.03.2024.
6. ДБН В.2.2-5 :2023 «Захисні споруди цивільного захисту».
7. UFC 3-340-02. Unified facilities criteria (UFC). Structures to resist the effects of accidental explosions. 2008.
8. V. Sadkovyi, V. Andronov, O. Semkiv, A. Kovalov, Yu. Otrosh, M. Udianskyi, V. Koloskov, A. Danilin, P. Kovalov Fire resistance of reinforced concrete and steel structures. Monograph. Kharkiv: PC Technology center, 2021. 180 p.
9. V. Nekora, S. Pozdieiev, O. Nekora, S. Fedchenko, A. Novhorodchenko, T. Shnal. Determining The Behavior Of A Glass Panel Under Heating Conditions During A Fire. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2025, 1(1(133)), P. 52–61.
10. M. Nesukh, A. Subota, A. Shvidenko, O. Nekora, O. Kulitsa, M. Kropyva. Determining dynamic processes in a tank after its separation from the bottom during a fire. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1/7 (133) 2025, P. 99–112.
11. K. Almazov, S. Pozdieiev, O. Tarasenko, O. Kulitsa, A. Kalynovskyi, I. Chornomaz. Determining The Stability Of A Fire Truck Tanker Against Overturning While Driving Through Crossed Forest Terrain. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2024, 6(7(132)), P. 75–86.
12. Yu. Otrosh, E. Rybka, O. Danilin, M. Zhuravskyi Assessment of the technical state and the possibility of its control for the further safe operation of building structures of mining facilities. *E3S Web of Conferences* 123, 01012. Ukrainian School of Mining Engineering. 2019. P. 1–10. doi: 10.1051/e3sconf /201912301012/
13. Yu. Otrosh, O. Semkiv, E. Rybka, A. Kovalov About need of calculations for the steel framework building in temperature influences conditions. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2019. V. 708. №012065. P. 1–6. doi:10.1088/1757-899X/708/1/012065.
14. A. Kovalov, Yu. Otrosh, E. Rybka, T. Kovalevska, V. Togobytska, I. Rolin Treatment of determination method for strength characteristics of reinforcing steel by using thread cutting method after temperature influence. *Materials Science Forum*. 2020. V. 1006. P. 179–184.
15. Otrosh Y., Kovalov A., Semkiv O., Rudeshko I., Diven V. Methodology remaining lifetime determination of the building structures. *MATEC Web of Conferences*. 2018. V.230. 02023. doi: 10.1051/matecconf/201823002023.
16. Kovalov A., Otrosh Y., Ostroverkh O., Hrushovinchuk O., Savchenko O. Fire resistance evaluation of reinforced concrete floors with fire-retardant coating by calculation and experimental method. *E3S Web of Conferences*. 2018. V.60. 00003. doi: 10.1051/e3sconf/20186000003.

17. Kovalov A., Otrosh Y., Vedula S., Danilin O., Kovalevska T. Parameters of fire-retardant coatings of steel constructions under the influence of climatic factors. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2019. V.3 P.46–53. doi:10.29202/nvngu/2019-3/9.
18. V. Nizhnyk, S. Pozdieiev, V. Nekora, O. Teslenko. Substantiation of the Method for Studying the Behavior of Enclosing Structures with Glazing Under Conditions of Fire Thermal Influence. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 2024, 438, P. 273–285.
19. S. Pozdieiev, S. Sidnei, O. Nekora, A. Subota, O. Kulitsa. Study of the Destruction Mechanism of Reinforced Concrete Hollow Slabs Under Fire Conditions. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2023, 808 LNNS, P. 447–457.
20. S. Pozdieiev, O. Tarasenko, K. Almazov, V. Nekora. Research of Dynamic Process in Water Cistern of Fire Automobile During Its Moving Along Rough Woodland. *Mechanisms and Machine Science*, 2023, 125 MMS, P. 1216–1223.
21. V. Kostenko, O. Zavialova, S. Pozdieiev, T. Kostenko, V. Hvozd. Mechanism of development of coal dust continuous explosion in a network of mine workings | Mehanizam razvoja kontinuirane eksplozije ugljene prašine u mreži rudarskih radova. *Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik*, 2022, 37(1), P. 45–53.
22. S. Pozdieiev, O. Nuianzin, O. Borsuk, I. Nedilko. Research of integrity of fire insulation cladding with mineral wool of steel beam under fire impact. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2021, 1021(1), 012024
23. S. Pozdieiev, V. Nizhnyk, Yu. Pidhoretskiy, A. Shvydenko. Research of disclosure of relief venting structures with polycarbonate fencing in conditions of explosion. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2021, 1021(1), 012025.
24. A. Kovalov, Yu. Otrosh, M. Surianinov, T. Kovalevska Experimental and computer researches of ferroconcrete floor slabs at high-temperature influences. In *Materials Science Forum* . 2019. V. 968. P.361-367. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.968.361
25. A. Vasilchenko, Yu. Otrosh, N. Adamenko, E. Doronin, A. Kovalov Feature of fire resistance calculation of steel structures with intumescent coating. *MATEC Web of Conferences*. 2018. V.230: P.02036. doi:10.1051/mateconf/201823002036.
26. Yu. Otrosh, M. Surianinov, A. Golodnov, O. Starova Experimental and Computer Researches of Ferroconcrete Beams at High-Temperature Influences. *Trans Tech Publications Ltd*. In *Materials Science Forum*. 2019. V. 968, P. 355-360. doi: 10.4028/www.scientist.net/MSF.968.355.
27. M. Surianinov, V. Andronov, Yu. Otrosh, T. Makovkina and S. Vasiukov Concrete and Fiber Concrete Impact Strength. In *Materials Science Forum*. *Trans Tech Publications Ltd*. 2020. V. 1006. P. 101-106. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.1006.101
28. O. Nuianzin, S. Pozdieiev, O. Borsuk, O. Nekora. Investigation of the limit of fire resistance of a steel beam at loss of integrity of a fire-resistant lining. *Materials Science Forum*, 2021, 1038 MSF, P. 345–351.
29. V. Kostenko, O. Zavialova, S. Pozdieiev, T. Kostenko, A. Vinyukov. Substantiation of design parameters of coal dust explosion containment system. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*, 2021, 3(447), P. 72–76.
30. V. Kostenko, Y. Liashok, O. Zavialova, S. Pozdieiev, T. Kostenko. The Deformation Dynamics Of The Experimental Adit's Material During A Coal Dust Explosion. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2020, 4(7-106), P. 54–62.
31. S. Pozdieiev, K. Myhalenko, V. Nuianzin, O. Zemlianskyi, T. Kostenko. Revealing patterns of the effective mechanical characteristics of cellular sheet polycarbonate for explosion venting panels. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2020, 1(1-103), P. 32–39.
32. S. Pozdieiev, O. Nekora, T. Kryshstal, S. Sidnei, A. Shvydenko. Improvement of the estimation method of the possibility of progressive destruction of buildings caused by fire. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, 708(1), 012067.

33. M. Semerak, S. Pozdeev, R. Yakovchuk, O. Nekora, O. Sviatkevych. Mathematical modeling of thermal fire effect on tanks with oil products. MATEC Web of Conferences, 2018, 247, 00040.
34. S. Pozdieiev, O. Nekora, T. Kryshstal, V. Zazhoma, S. Sidnei. Method of the calculated estimation of the possibility of progressive destruction of buildings in result of fire. MATEC Web of Conferences, 2018, 230, 02026.
35. S. Pozdieiev, V. Nizhnyk, Y. Ballo, A. Nuianzin, R. Uhanskyy, V. Kropyvnytskiy. Uzasadnienie bezpiecznego odstępu przeciwpożarowego między fermentatorami do produkcji biogazu. *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza* 51 (3), 2018. С. 60-67.
36. D. Dobriak, V. Nizhnyk, S. Pozdieiev, O. Nikulin. Structure of the Device and Experimental Research of Verifying the Functionality of Elements of Easy-Dropped Construction. *Applied Mechanics and Materials* 917, P. 87-94
37. В. Ніжник, Д. Добряк, С. Поздєєв, А. Швиденко, О. Некора. Сучасний стан досліджень щодо оцінювання віконних легкоскридних конструкцій. Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація 4 (1), С. 62-70
38. О. Борсук, С. Поздєєв, В. Радченко, В. Зажома, А. Швиденко. Метод розрахункової оцінки можливості прогресуючого руйнування будівель унаслідок пожежі. *International scientific journal «Internauka»*. № 4 (84). 2020. С 74 – 80.
39. В. Ніжник, О. Нікулін, С. Поздєєв, Д. Добряк, О. Мороз, А. Кодрик. Експериментальний метод оцінювання працездатності легкоскридних конструкцій. *Геотехнічна механіка*. 2020. Вип. 152. С. 127-137.
40. А. Швиденко, С. Поздєєв, О. Землянський, А. Новгородченко. Удосконалення методу розрахункової оцінки можливості прогресуючого руйнування будівель унаслідок пожежі. Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація 3 (2), С. 98-105.
41. S. Pozdieiev, Y. Pidgoretskiy, O. Nekora, S. Sidnei, O. Tyshchenko. Research of explode exposure at the relief vent system structures with soft transparent material. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)* 7 (4.3), С. 298-302.
42. В. Ніжник, С. Поздєєв, Ю. Підгорецький, К. Потетня, О. Крикун. Розроблення методики проектування систем легкоскридних конструкцій на основі гнучких полімерних матеріалів. *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*, № 1 (13), 2022. С 64-71.
43. Aagaard, B.T.: *Finite-Element Simulations of Earthquakes*. PhD-Thesis, California Institute of Technology: Pasadena, California 2000.
44. Hallquist, J.O.: *LS-DYNA Theory Manual*, Livermore Software Technology Corporation: California, USA 2005.
45. ANSYS, Inc.: *ANSYS Structural Analysis Guide*, ANSYS, Inc.: Canonsburg, PA 2004.
46. Belytschko, T.; Chiapetta, R.L. & Bartel, H.D.: *Efficient Large Scale Non-Linear Transient Analysis by Finite Elements*. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 10 (1976) 1, pp. 579-596.
47. Bakeer T.: *Collapse analysis of masonry structures under earthquake actions*. Publication Series of the Chair of Structural Design, TU Dresden, 2009.
48. ДСТУ-Н Б EN 1993-1-2:2012 Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість.– К.: Укрархбудінформ, 2012. – 77 с.
49. Ю. Абрамов, В. Гвоздь, Є. Рибка Термічний комплекс для випробувань зразків будівельних конструкцій. Монографія. Харків: НУЦЗУ, 2013. 128 с.
50. G.Taylor, "The Formation of a Blast Wave by a Very Intense Explosion. I. Theoretical Discussion", *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, Vol. 201, N. 1065. (Mar. 22, 1950), p. 159-174.

### References

1. Tolok, I. V., Rybka, Ye. O., Pozdieiev, S. V., Kustov, M. V., Novhorodchenko, A. Yu., & Plisko, Yu. V. (2024). Regularities of behavior of reinforced concrete structures of modular shelters under explosion conditions. *Problems of Emergency Situations*, 2(40).
2. Nekora, V., Nizhnyk, V., Pozdieiev, S., Lutsenko, Yu., & Mykhailov, V. (2023). Features and prospects of effective functioning of civil protection shelters under combat conditions. *Scientific Bulletin: Civil Protection and Fire Safety*, 1(15), 149–157.
3. Pozdieiev, S., Novhorodchenko, A., Shnal, T., Yakovchuk, R., & Tur, N. (2023). Mathematical modeling of design schemes of modular protective shelter structures. *Extraordinary Situations: Prevention and Elimination*, 7(2), [pages]. Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chernobyl Heroes of the National University of Civil Defence of Ukraine.
4. Pozdieiev, S., Kulitsa, O., Troshkin, S., Panchenko, P., & Sagdiiev, M. (2023). Forecasting of emergency situations in a mobile boiler house. *Extraordinary Situations: Prevention and Elimination*, 7(1), 107–118.
5. Sharko, O., Pozdieiev, S., Nizhnyk, V., Sviatoshenko, S., & Novhorodchenko, O. (2024). Modular protective shelter. *Utility Model Patent of Ukraine № 155567*. Registered in the State Register of Utility Models of Ukraine on March 13, 2024.
6. DBN V.2.2-5:2023. Civil Protection Shelters. [Ukrainian State Building Code].
7. UFC 3-340-02. Unified Facilities Criteria (UFC). Structures to resist the effects of accidental explosions. (2008).
8. Sadkovi, V., Andronov, V., Semkiv, O., Kovalov, A., Otrosh, Yu., Udianskyi, M., Koloskov, V., Danilin, A., & Kovalov, P. (2021). *Fire resistance of reinforced concrete and steel structures*. Kharkiv: PC Technology Center.
9. Nekora, V., Pozdieiev, S., Nekora, O., Fedchenko, S., Novhorodchenko, A., & Shnal, T. (2025). Determining the behavior of a glass panel under heating conditions during a fire. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(1(133)), 52–61.
10. Nesukh, M., Subota, A., Shvidenko, A., Nekora, O., Kulitsa, O., & Kropyva, M. (2025). Determining dynamic processes in a tank after its separation from the bottom during a fire. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(7(133)), 99–112.
11. Almazov, K., Pozdieiev, S., Tarasenko, O., Kulitsa, O., Kalynovskyi, A., & Chornomaz, I. (2024). Determining the stability of a fire truck tanker against overturning while driving through crossed forest terrain. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(7(132)), 75–86.
12. Otrosh, Yu., Rybka, E., Danilin, O., & Zhuravskyi, M. (2019). Assessment of the technical state and the possibility of its control for the further safe operation of building structures of mining facilities. *E3S Web of Conferences*, 123, 01012. doi:10.1051/e3sconf/201912301012.
13. Otrosh, Yu., Semkiv, O., Rybka, E., & Kovalov, A. (2019). About need of calculations for the steel framework building in temperature influence conditions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 708, 012065. doi:10.1088/1757-899X/708/1/012065.
14. Kovalov, A., Otrosh, Yu., Rybka, E., Kovalevska, T., Togobytska, V., & Rolin, I. (2020). Treatment of determination method for strength characteristics of reinforcing steel by using thread cutting method after temperature influence. *Materials Science Forum*, 1006, 179–184.
15. Otrosh, Y., Kovalov, A., Semkiv, O., Rudeshko, I., & Diven, V. (2018). Methodology of remaining lifetime determination of building structures. *MATEC Web of Conferences*, 230, 02023. doi:10.1051/mateconf/201823002023.
16. Kovalov, A., Otrosh, Y., Ostroverkh, O., Hrushovinchuk, O., & Savchenko, O. (2018). Fire resistance evaluation of reinforced concrete floors with fire-retardant coating by calculation and experimental method. *E3S Web of Conferences*, 60, 00003. doi:10.1051/e3sconf/20186000003.
17. Kovalov, A., Otrosh, Y., Vedula, S., Danilin, O., & Kovalevska, T. (2019). Parameters of fire-retardant coatings of steel constructions under the influence of climatic factors. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 3, 46–53. doi:10.29202/nvngu/2019-3/9.

18. Nizhnyk, V., Pozdieiev, S., Nekora, V., & Teslenko, O. (2024). Substantiation of the method for studying the behavior of enclosing structures with glazing under conditions of fire thermal influence. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 438, 273–285.
19. Pozdieiev, S., Sidnei, S., Nekora, O., Subota, A., & Kulitsa, O. (2023). Study of the destruction mechanism of reinforced concrete hollow slabs under fire conditions. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 808, 447–457.
20. Pozdieiev, S., Tarasenko, O., Almazov, K., & Nekora, V. (2023). Research of dynamic process in water cistern of fire automobile during its moving along rough woodland. *Mechanisms and Machine Science*, 125, 1216–1223.
21. Pozdieiev, S., & Novhorodchenko, O. (2023). Determination of the strength and rigidity of the support of an enclosing structure with a log wall during a fire. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 802, 273–285.
22. Pozdieiev, S., Sharko, O., Savchenko, V., Nizhnyk, V., & Panchenko, P. (2024). Modeling of heat transfer processes in building constructions under fire exposure. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 438, 613–624.
23. Nekora, V., Pozdieiev, S., Teslenko, O., Lutsenko, Yu., & Nizhnyk, V. (2023). Features of determining fire resistance of monolithic reinforced concrete floors with fire-retardant coating. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 351, 134–145.
24. Novhorodchenko, A., Pozdieiev, S., & Shnal, T. (2023). Mathematical modeling of behavior of reinforced concrete columns under fire exposure. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 809, 245–257.
25. Nekora, O., Pozdieiev, S., Kulitsa, O., & Rybka, E. (2023). Experimental study of the behavior of a steel beam with a fire-retardant coating under standard fire exposure. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 351, 365–377.
26. Pozdieiev, S., Kulitsa, O., & Troshkin, S. (2023). Forecasting emergency situations during the operation of tanks with flammable liquids. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 438, 835–847.
27. Otrosh, Yu., Kovalov, A., Rybka, E., & Semkiv, O. (2019). Analysis of fire resistance of monolithic reinforced concrete floors with fire-retardant coating. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 47, 377–388.
28. Kovalov, A., Otrosh, Yu., & Rybka, E. (2019). Fire resistance assessment of reinforced concrete walls with protective coating. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 47, 389–401.
29. Rybka, E., Otrosh, Yu., & Kovalov, A. (2019). Fire resistance evaluation of reinforced concrete beams with fire-retardant coating by experimental and calculation methods. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 47, 403–415.
30. Otrosh, Yu., Kovalov, A., Rybka, E., & Semkiv, O. (2019). Modeling of fire resistance of steel structures with intumescent coatings. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 47, 417–429.
31. Nizhnyk, V., Nekora, V., Pozdieiev, S., & Teslenko, O. (2023). Modeling the thermal impact of fire on enclosing structures with glazing. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 351, 255–267.
32. Pozdieiev, S., Shnal, T., Novhorodchenko, A., & Yakovchuk, R. (2023). Numerical simulation of protective modular structures under explosion conditions. *Problems of Emergency Situations*, 39(1), 55–67.
33. Pozdieiev, S., Nizhnyk, V., Lutsenko, Yu., & Nekora, V. (2023). Scientific and methodological foundations for the design of protective shelters under combat conditions. *Scientific Bulletin: Civil Protection and Fire Safety*, 1(15), 81–93.
34. Sharko, O., Pozdieiev, S., Nizhnyk, V., & Sviatoshenko, S. (2023). Protective modular structure for civil protection. *Utility Model Patent of Ukraine № 153456*.
35. DBN V.1.2-14:2018. General principles of ensuring the reliability and structural safety of building structures and foundations. [Ukrainian State Building Code].
36. Dobriak, D., Nizhnyk, V., Pozdieiev, S., & Nikulin, O. (2019). Structure of the device and experimental research of verifying the functionality of elements of easy-dropped construction. *Applied Mechanics and Materials*, 917, 87–94.

37. Nizhnyk, V., Dobriak, D., Pozdieiev, S., Shvydenko, A., & Nekora, O. (2021). Current state of research on evaluation of window easy-drop constructions. *Emergencies: Prevention and Liquidation*, 4(1), 62–70.
38. Borsuk, O., Pozdieiev, S., Radchenko, V., Zazhoma, V., & Shvydenko, A. (2020). Method of calculated estimation of the possibility of progressive collapse of buildings as a result of fire. *International Scientific Journal "Internauka"*, 4(84), 74–80.
39. Nizhnyk, V., Nikulin, O., Pozdieiev, S., Dobriak, D., Moroz, O., & Kodryk, A. (2020). Experimental method for evaluating the performance of easy-drop structures. *Geotechnical Mechanics*, 152, 127–137.
40. Shvydenko, A., Pozdieiev, S., Zemlianskyi, O., & Novhorodchenko, A. (2021). Improvement of the method of calculated estimation of the possibility of progressive collapse of buildings due to fire. *Emergencies: Prevention and Liquidation*, 3(2), 98–105.
41. Pozdieiev, S., Pidgoretskiy, Y., Nekora, O., Sidnei, S., & Tyshchenko, O. (2018). Research of explosion exposure at the relief vent system structures with soft transparent material. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*, 7(4.3), 298–302.
42. Nizhnyk, V., Pozdieiev, S., Pidgoretskiy, Yu., Potetnia, K., & Krykun, O. (2022). Development of a methodology for designing easy-drop systems based on flexible polymer materials. *Scientific Bulletin: Civil Protection and Fire Safety*, 1(13), 64–71.
43. Aagaard, B. T. (2000). *Finite-Element Simulations of Earthquakes* (PhD thesis). California Institute of Technology, Pasadena, California.
44. Hallquist, J. O. (2005). *LS-DYNA Theory Manual*. Livermore Software Technology Corporation, California, USA.
45. ANSYS, Inc. (2004). *ANSYS Structural Analysis Guide*. Canonsburg, PA: ANSYS, Inc.
46. Belytschko, T., Chiapetta, R. L., & Bartel, H. D. (1976). Efficient large-scale non-linear transient analysis by finite elements. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 10(1), 579–596.
47. Bakeer, T. (2009). *Collapse Analysis of Masonry Structures under Earthquake Actions*. Publication Series of the Chair of Structural Design, TU Dresden.
48. DSTU-N B EN 1993-1-2:2012. *Design of Steel Structures. Part 1-2: General Rules – Structural Fire Design*. Kyiv: Ukrarkhbudinform.
49. Abramov, Yu., Hvozd, V., & Rybka, E. (2013). *Thermal Complex for Testing Samples of Building Structures*. Monograph. Kharkiv: NUCZU, 128 p.
50. Taylor, G. (1950). The formation of a blast wave by a very intense explosion. I. Theoretical discussion. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 201(1065), 159–174.

## АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ПРОВЕДЕННЯ КОМАНДНО-ШТАБНИХ НАВЧАНЬ В УМОВАХ СУЧАСНИХ ВІЙСЬКОВИХ ЗАГРОЗ

**Дмитро ЗАЙЧЕНКО**

заступник начальника управління – начальник відділу підготовки органів управління та навчання населення управління планування та координації заходів цивільного захисту Департаменту організації заходів цивільного захисту

**Іван ТАТАРІНОВ**

заступник начальника відділу організації пожежогасіння управління реагування на надзвичайні ситуації Головного управління ДСНС України у Вінницькій області

**Мета дослідження:** комплексний аналіз актуальних проблем, що виникають під час проведення командно-штабних навчань (КШН) органів управління та сил цивільного захисту, зокрема у Вінницькій області, та розробка практичних рекомендацій щодо вдосконалення організаційного, нормативного і технічного забезпечення КШН в Україні.

**Методи дослідження:** Моделювання сценаріїв, аналіз нормативно-правової бази, оцінка ризиків, системний підхід, контент-аналіз методичних документів МВС та ДСНС України, SWOT-аналіз.

**Результати:** Дослідження виявило такі ключові проблеми:

1. Відсутність повноцінної роботи штабів: нерозгортання Штабу з ліквідації наслідків НС, відсутність оперативно-технічної документації, слабка архівація подій.
2. Низький рівень підготовки керівного складу: доповіді позбавлені конкретики, не подається форма НС-1, не враховується ситуація в зоні надзвичайної ситуації (НС).
3. Недостатня деталізація планів реагування: не опрацьовано дії у разі порушення зв'язку, відсутні заходи з оповіщення осіб з інвалідністю.
4. Проблеми з автоматизацією: ручне оповіщення, відсутність автоматизованої системи виклику, відсутність єдиного алгоритму дій оперативного чергового.
5. Недостатня ефективність використання ресурсів: очікування рішень щодо резервного фонду замість негайного використання наявного матеріального резерву.
6. Низький рівень міжвідомчої координації: неповні доповіді, відсутність злагоджених алгоритмів між суб'єктами цивільного захисту.

**Теоретична цінність дослідження:** полягає у систематизації сучасних проблем, які супроводжують організацію та проведення КШН. Вперше зроблено спробу класифікувати помилки, що мають системний характер, та визначити взаємозв'язки між нормативними прогалинами, організаційними недоліками і технічними бар'єрами.

**Оригінальність:** проведено детальний аналіз командно-штабного навчання у Вінницькій області. Дослідження побудоване не лише на огляді нормативно-правових актів, а й на аналізі реальних доповідей, звітів та практичних дій суб'єктів цивільного захисту.

**Практична цінність:** полягає у можливості безпосереднього впровадження запропонованих змін у планувальні документи, алгоритми дій, інструкції чергових служб, а також у систему підготовки фахівців цивільного захисту.

**Ключові слова:** командно-штабні навчання, цивільний захист, надзвичайна ситуація, евакуація, штаб НС, оповіщення, автоматизована система, критична інфраструктура.

## PROBLEMS OF COMMAND AND STAFF EXERCISES

**Dmytro ZAICHENKO**

Deputy Head of the Directorate – Head of the Training Department for Management Bodies and Public Education, Directorate for Planning and Coordination of Civil Protection Measures, Department for the Organization of Civil Protection Measures

**Ivan TATARINOV**

Deputy Head of the Firefighting Organization Department, Emergency Response Directorate, Main Directorate of the State Emergency Service of Ukraine in Vinnytsia Region

**The purpose of the study** is to provide a comprehensive analysis of current problems that arise during command and staff exercises of civil defense authorities and forces, in particular in Vinnytsia region, and to develop practical recommendations for improving the organizational, regulatory and technical support of the command and staff exercises in Ukraine.

**Research methods:** scenario modeling, analysis of the regulatory framework, risk assessment, systematic approach, content analysis of existing methodological documents of the Ministry of Internal Affairs and the State Emergency Service, SWOT analysis.

**Results:** the study revealed the following key issues:

1. Lack of full-fledged work of the headquarters: non-deployment of the Emergency Response Headquarters, lack of operational and technical documentation, poor archiving of events.
2. Low level of training of the management staff: reports lack specifics, the NS-1 form is not submitted, the situation in the disaster area is not taken into account.
3. Insufficient detail of response plans: actions in case of communication disruption are not worked out, there are no measures to notify people with disabilities.
4. Problems with automation: manual alerts, lack of an automated call system, lack of a unified algorithm for the actions of the operational duty officer.
5. Inefficient use of resources: waiting for decisions on the reserve fund instead of immediately using the available material reserve.
6. Low level of interagency coordination: incomplete reports, lack of coordinated algorithms between civil protection actors.

**The theoretical value of the study** is to systematize the current problems that accompany the organization and conduct of the CPP. For the first time, an attempt was made to classify errors that are systemic in nature and to determine the relationship between regulatory gaps, organizational shortcomings and technical barriers.

**Originality:** a detailed analysis of the command post exercise in Vinnytsia region was conducted. The study is based not only on the review of legal acts, but also on the analysis of actual reports, reports and practical actions of civil protection actors.

**Practical value:** it is possible to directly implement the proposed changes in planning documents, action algorithms, instructions for emergency services, as well as in the system of training of civil protection specialists.

**Keywords:** command and staff exercises, civil protection, emergencies, evacuation, emergency headquarters, alerts, automated system, critical infrastructure.

### **Вступ**

В умовах сьогодення, коли країна стикається з підвищеними техногенними, природними та військовими загрозами, ключовим елементом стратегії національної безпеки стає здатність органів управління та сил цивільного захисту реагувати швидко, координаційно та ефективно. Командно-штабні навчання (далі – КШН) є формою підготовки органів управління цивільного захисту разом із підпорядкованими їм силами та проводяться з метою підвищення злагодженості, оперативності та взаємодії при виконанні завдань з організації управління в надзвичайних ситуаціях та захисту населення і територій від їх наслідків, підтримки високого

рівня та оцінки стану готовності до дій за призначенням. Основними завданнями з підготовки та проведення КШН вважаються:

- поглиблення теоретичних знань та набуття практичних навичок керівним складом і фахівцями органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування;
- відпрацювання злагодженості, оперативності у роботі та взаємодії між органами управління і силами цивільного захисту;
- моделювання сценаріїв розвитку надзвичайних ситуацій та перевірка реальності і коригування розроблених документів із планування діяльності функціональних і територіальних підсистем єдиної державної системи цивільного захисту (ЄДС ЦЗ) та їх ланок;
- визначення стану готовності функціональних і територіальних підсистем ЄДС ЦЗ та їх ланок до вирішення завдань цивільного захисту у мирний час та в умовах особливого періоду;

- дослідження проблемних питань, які призвели або можуть призвести до зниження рівня готовності, проведення аналізу причин їх виникнення та визначення шляхів вирішення.

Під час підготовки КШН рекомендується включати питання:

- визначення та уточнення вихідних даних;
- планування навчання (розроблення документів);
- підготовки керівництва КШН та посередників;
- підготовки органів управління, сил цивільного захисту та суб'єктів господарювання, що залучаються до КШН;
- підготовки району КШН.

Характер та особливості кожного КШН залежать від економічних, фізико-географічних та інших особливостей району проведення навчання, імовірності виникнення та прогнозованих наслідків аварій, катастроф та стихійних лих, наявності можливостей (необхідних сил та засобів) для здійснення заходів цивільного захисту як у мирний час, так і в особливий період. На КШН повинна створюватись складна тактична обстановка, максимально наближена до надзвичайних ситуацій, що виникали чи мають високу вірогідність виникнення в районі проведення навчання, та яка вимагає від підлеглих прийняття самостійних обґрунтованих рішень. Крім цього рекомендовано створювати максимально складні умови для організації управління.

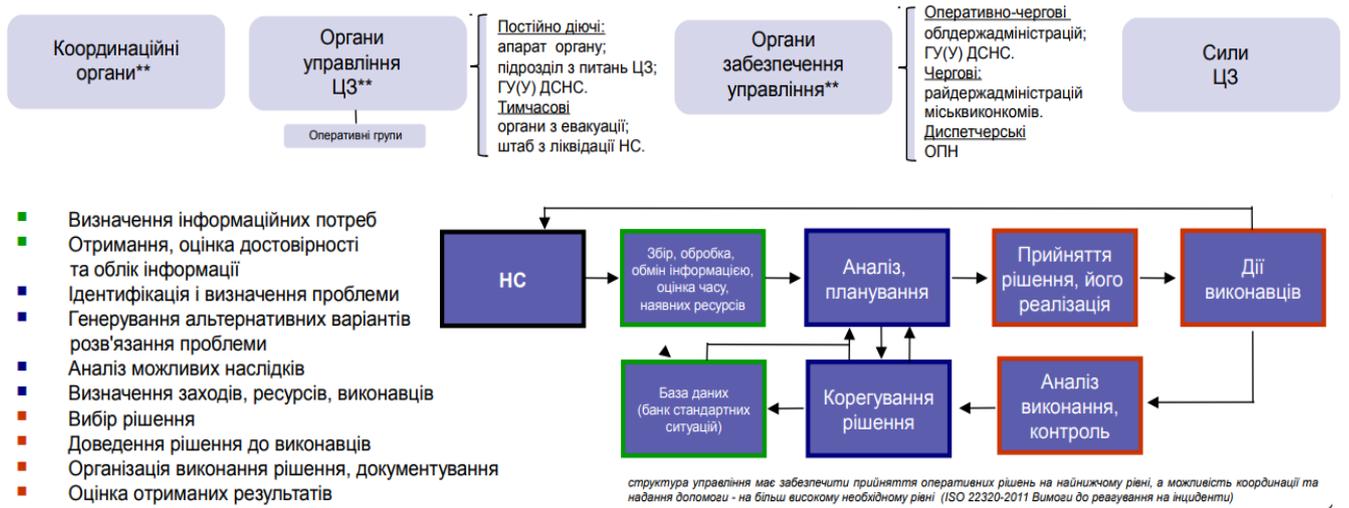
Командно-штабні навчання, зокрема на рівні області чи міст, передбачають моделювання надзвичайних обставин, які можуть виникати в результаті повені, пожежі, аварії на інфраструктурному об'єкті або великомасштабного інциденту техногенного чи воєнного характеру. Ефективне проведення таких навчань дозволяє виявити слабкі місця та забезпечити їх усунення задовго до реальної кризи. Базовий сценарій проведення командно-штабних навчань зображений на рис.1:



\*Практичні заходи проводяться на тлі розробленої обстановки за навчанням

\*\* Всі органи в межах території зони ураження

Рисунок 1 – Базовий сценарій проведення командно-штабних навчань



Продовження рисунку 1 – Базовий сценарій проведення командно-штабних навчань

Невід’ємною частиною проведення КШН є спеціально підготовлений умовний сценарій або початкова ситуація, яка імітує виникнення надзвичайної події чи кризової ситуації і слугує основою для розгортання навчального процесу – ввідна. Вона вводиться на початку або на певному етапі навчань з метою перевірки готовності органів управління та сил цивільного захисту до реагування, прийняття управлінських рішень та виконання покладених завдань. На рис. 2 зображений приклад ввідної:

|                             |   |       |                 |                  |
|-----------------------------|---|-------|-----------------|------------------|
| <b>Ввідна № 0</b>           | Астрономічний час:  | 08:25 | Ввідна кому:    | Кожному учаснику |
|                             |   |       | Ким видано:     | КПН              |
|                             | Оперативний час:  |       | Спосіб надання: | Особисто         |
| <b>Ввідна</b>               | Приблизно о 08:30 ранку за місцевим часом на пункт 112 оперативно-диспетчерський пункт ОРС ЦЗ ДСНС України м. Рівне надходить повідомлення про вибух і подальше горіння будівлі на Рівненській АЕС.<br><br>08:25 ранку працівники Рівненської АЕС здійснювали підготовку до планово-ремонтних робіт, велика кількість працівників знаходиться на відкритій території.   |       |                 |                  |
| <b>Додаткова інформація</b> | Літо, місяць липень, робочий день, перша половина доби. Основні дороги міста Вараш, заповненні автомобільним та громадським транспортом. Спостерігаються значні затори. Погода спекотна (аномальна спека для цієї пори року), температура повітря вдень перевищує 25 °С, вологість близько 80%, швидкість вітру 5 м/с. Попередній прогноз погоди для Західної України включає різкі зміни погодних умов (місцями) внаслідок переміщення циклону з Європи, попередження про можливі сильні грози, поривчастий вітер. |       |                 |                  |
| <b>Питання до вирішення</b> |   |       |                 |                  |

Рисунок 2 – Приклад ввідної

Ввідна описує вихідну обстановку: наприклад, уявну техногенну аварію, терористичний акт, стихійне лихо або іншу надзвичайну ситуацію, яка потребує негайної реакції органів влади, рятувальних служб, медичних установ та інших суб’єктів цивільного захисту. Ввідна може містити географічні координати події, дані про масштаби ураження, кількість потерпілих, порушення критичної інфраструктури, загрозу поширення небезпеки тощо.

Залежно від цілей навчань, ввідна може бути однією або декількома, з поетапним ускладненням ситуації. Вона подається як усно, так і письмово – через радіозв’язок, офіційні повідомлення, службові телеграми, або навіть у вигляді відео- та графічних матеріалів.

Кожна ввідна є частиною загального навчального задуму і створюється заздалегідь штабом організаторів КШН. Вона має бути реалістичною, логічно послідовною та відповідати потенційним загрозам, що характерні для конкретного регіону – у даному випадку, для Вінницької області.

Важливо, що в структурі системи цивільного захисту України саме органи виконавчої влади, місцевого самоврядування та територіальні підсистеми ЄДС ЦЗ відіграють ключову роль у підготовці, координації та реалізації заходів реагування. Однак практика проведення КШН у Вінницькій області показала низку вагомих недоліків, які підривають ефективність навчань і ставлять під сумнів їхню практичну користь.

Командно-штабні навчання дозволяють не лише відпрацювати оперативне реагування на кризові ситуації, а й виявити вузькі місця в існуючій системі управління, вдосконалити підходи до комунікації між органами державної влади, місцевого самоврядування, силових структур та спеціалізованих служб. Вони також сприяють формуванню єдиного алгоритму дій в умовах, що наближені до реальних надзвичайних подій – як мирного часу, так і особливого періоду.

З огляду на стратегічне розташування Вінницької області, її промислову та транспортну інфраструктуру, а також соціально-демографічні особливості регіону, роль КШН у цьому регіоні є особливо важливою. Регіон розташований у центральній частині України, що робить його потенційною ланкою тилового забезпечення під час воєнних дій, а також зоною, де можуть виникати загрози природного, техногенного або соціального характеру. Тому саме Вінницька область є доцільною платформою для поглибленого аналізу організаційних і нормативних засад підготовки й реалізації КШН.

У контексті реформування системи національної безпеки, інтеграції України до європейських безпекових структур та необхідності адаптації українського законодавства до стандартів ЄС, особливої уваги потребує не лише поточна практика проведення командно-штабних навчань, а й питання їх подальшої модернізації. Це включає оновлення методичних підходів, цифровізацію процесів управління, впровадження сучасних технологій у планування та моделювання сценаріїв надзвичайних ситуацій.

Актуальність дослідження зумовлена потребою не лише в теоретичному осмисленні функціонування КШН як складової державної системи цивільного захисту, а й у формуванні практичних рекомендацій, які можуть бути впроваджені на рівні центральних і регіональних органів виконавчої влади. Системний аналіз організаційних, нормативних та технічних аспектів навчального процесу є необхідною умовою для підвищення ефективності реагування на виклики сучасності та забезпечення надійного захисту населення і територій, тому варто звернути увагу на деякі проблеми, що були висвітлені під час проведення навчань: по-перше, за даними дослідження, на обласному рівні засідання комісій ТЕБ і НС часто розпочинаються з озвучення вже підготовлених проєктів протокольних рішень, без заслуховування керівників спеціалізованих служб. Це свідчить про симуляцію процесу ухвалення рішень замість моделювання реального кризового управління, де важливо почути позиції кожної служби, зокрема медичної, транспортної, енергетичної тощо.

По-друге, відзначено, що керівник Вінницької міської підсистеми ЄДС ЦЗ не створив оперативний Штаб з ліквідації наслідків НС, не забезпечив ведення оперативно-технічної документації, звітності та аварійних записів з урахуванням дій в зоні НС, а це позбавляє навчання глибини практичності: відсутність Штабу означає відсутність моделювання реального координаційного центру.

По-третє, доповіді керівників штабів під час навчань переважно не містили форму НС-1, що ускладнювало оцінку ситуації керівником робіт і прийняття обґрунтованих рішень. Чітка форма обов'язкова для оцінки обстановки, ресурсів, загроз і подальших дій.

Далі виявлено, що під час розігрування ввідної №1 (моделювання порушення зв'язку через погіршення погодних умов) не були опрацьовані дії районної місцевої адміністрації та групи оповіщення обласної військової адміністрації (ОВА). Відсутність чітких інструкцій щодо відновлення зв'язку означає низький рівень деталізації планів реагування.

Окремо відзначено відсутність механізмів оповіщення осіб з інвалідністю, особливо з порушенням слуху, що проживали в зоні інциденту. Така недбалість свідчить про нехтування потребами найбільш уразливих категорій громадян.

Також було зафіксовано, що при розігруванні ввідної №4 алгоритм дій спеціалізованої служби зв'язку був визначений лише теоретично й не реалізований на практиці. Оперативний черговий не отримував чітких вказівок, що свідчить про відсутність злагодженої взаємодії між суб'єктами цивільного захисту.

Ще одна проблема – неінформативність доповідей районних військових адміністрацій (РВА): була надлишкова або нерелевантна інформація, не врахована в прийнятті управлінських рішень (особливо в Жмеринській і Гайсинській РВА). Це знижує якість аналізу та управління.

У Вінницькій області зафіксовано випадки надходження доповідей про приведення сил у готовність, хоча фактично всі сили вже працювали у режимі повної готовності відповідно до розпоряджень КМУ. Це говорить про відсутність чіткого розуміння реального стану оперативної готовності.

Планувальні документи комісії з евакуації були в наявності, але відсутні звітні документи щодо проведення тренувань з органами евакуації – якісне відпрацювання відсутнє на практиці.

Механізми використання матеріального резерву також виявилися слабкими. Замість негайного залучення ресурсів у випадку надзвичайної ситуації очікується рішення щодо використання резервного фонду, що значно уповільнює реагування.

Крім того, відсутність автоматизованої системи виклику керівного складу призводить до ручного оповіщення, із затримками та потенційними помилками. В оперативно-черговій службі Вінницької ОВА чергує лише один оперативний черговий, що є недостатнім для координації у кризових умовах.

Не визначено також черговість заходів щодо ліквідації наслідків НС та відновлення інфраструктури: немає пріоритетів – що відновлювати спочатку: критичну інфраструктуру, життєзабезпечення чи інші об'єкти.

Тому постає питання розроблення пропозицій для вирішення нагальних питань, а саме:

1. Відкоригувати Плани проведення заходів з евакуації населення та Плани приймання і розміщення евакуйованого населення з урахуванням Методики планування заходів з евакуації;

2. Відкоригувати План реагування на надзвичайні ситуації територіальної підсистеми ЄДС ЦЗ Вінницької області, зокрема додаток про реагування на можливе застосування зброї масового знищення (ядерної зброї) з урахуванням проведеного аналізу відпрацювання відповідної ввідної під час КШН;

3. Опрацювати питання щодо можливості прогнозування метеорологічної ситуації в режимі онлайн з використанням програмного забезпечення;

4. Під час проведення засідань комісій з питань ТЕБ та НС керівникам спеціалізованих служб цивільного захисту звернути увагу на конкретизацію доповідей відповідно до ситуації, яка склалась;

5. Забезпечити захищені місця для розміщення та роботи комісій з питань ТЕБ та НС і штабів з ліквідації НС;

6. Необхідно відпрацьовувати кожен захід щодо захисту населення та проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт.

У світлі викладеного аналізу, наша робота має на меті окреслити ключові проблеми реалізації командно-штабних навчань як інструменту критичного оцінювання здатності відповідальних органів управляти кризою. Він також формує основу для подальшого аналізу та розробки рекомендацій, які дозволять підвищити надійність, деталізацію, оперативність і ефективність навчань – на рівні області, району і міста.

## Висновки

Командно-штабні навчання органів управління та сил цивільного захисту є ключовим інструментом підготовки до надзвичайних ситуацій, що дозволяє відпрацювати механізми реагування, налагодити взаємодію між суб'єктами та перевірити дієвість нормативно-правового поля. У контексті навчань у Вінницької області значення цих заходів зростає, враховуючи її важливе стратегічне розташування, транзитну інфраструктуру, потенціал промисловості та зростаючі загрози з боку природних, техногенних та воєнних викликів. Проте проведення КШН в регіоні стикається з низкою системних труднощів, що потребують усвідомлення та подальшого вирішення.

Серед ключових труднощів такі:

- 1) Формальний характер засідань ТЕБ та НС, початок роботи комісій із представлення заздалегідь сформованих протокольних рішень без заслуховування підрозділів;
- 2) Відсутність організованого Штабу та документації – нерозгорнення Штабу, відсутність оперативної технічної документації й чіткої звітності створюють умови, при яких навчання втрачає практичність, а можливості аналізу стають обмеженими;
- 3) Неповноцінні доповіді – відсутність форми НС-1 в доповідях позбавляє керівника можливості проаналізувати ситуацію, оцінити ризики й ресурси для прийняття управлінських рішень;
- 4) Недисципліноване планування – відсутність чітких сценаріїв дій у разі порушення зв'язку або непогоди знижує здатність адекватно реагувати в кризових ситуаціях.
- 5) Ігнорування соціальних груп – особи з інвалідністю, особливо з порушенням слуху, часто не отримують адекватного оповіщення, що свідчить про недостатній рівень планування з урахуванням вразливих категорій;
- 6) Недостатня автоматизація процесів – відсутність системи автоматизованого виклику керівного складу, ручне оповіщення, недостатня кількість оперативних чергових – усе це створює ризики затримок і помилок;
- 7) Неєфективне використання резервів – замість автоматичного залучення ресурсів негайно після НС – очікування формального рішення про використання резервного фонду сповільнює реагування тощо.

Ці висновки підтверджують припущення про системну невідповідність існуючих процедур і нормативної бази вимогам сучасних загроз. Вони вказують на потребу в корекції внутрішніх алгоритмів реагування, вдосконаленні нормативних документів і активізації міжвідомчої взаємодії.

На основі виявлених проблем сформовано практичні рекомендації:

- відкоригувати плани евакуації та розміщення населення, з огляду на методику планування та реальні ресурси;
- оновити алгоритми реагування на можливість застосування зброї масового ураження, з чіткими ввідними та практичним відпрацюванням;
- впровадити систему онлайн-метеопрогнозу для ефективного прийняття рішень за поганих погодних умов;
- забезпечити участь керівників служб у засіданнях комісій ТЕБ і НС з відповідними тематичними доповідями;
- створити захищені приміщення для штабів та комісій, оснащених технічними засобами комунікації;
- поглибити відпрацювання операцій та заходів з цивільного захисту;
- розрахувати кількість пунктів евакуації, санобробки, технічної обробки техніки, виходячи з чисельності населення в зоні ураження тощо.

Проте є і позитивні тенденції: проведення КШН з реальною взаємодією різних служб, адаптаційними сценаріями на осінньо-зимовий період, інформаційна активність під час масштабних навчань.

Командно-штабні навчання є дієвим інструментом управління розвитком системи цивільного захисту, проте лише за умови комплексного, узгодженого й детального

моделювання сценаріїв, документального підходу, якісного зворотного зв'язку та забезпечення автоматизації процесів.

КШН виконуватимуть свою місію, лише при тренуванні реального кризового управління, налагодженні міжвідомчої співпраці, підвищенні оперативності реагування та надійності системи цивільного захисту в цілому.

#### **Список використаних джерел**

1. Кодекс цивільного захисту України. Київ: Верховна Рада України, 2024.
2. Постанова Кабінету Міністрів України №179-р від 24.02.2022 «Про приведення сил цивільного захисту у стан підвищеної готовності».
3. Наказ ДСНС України №301 від 15.07.2023 «Про організацію та проведення командно-штабних навчань».
4. Методичні рекомендації щодо підготовки та проведення командно-штабних навчань. – Київ: ДСНС України, 2023.
5. Гринько В.І. Система підготовки органів управління у сфері цивільного захисту: навчальний посібник. Харків: ХНУВС, 2023.
6. Савчук М.П., Яровий Д.О. Актуальні питання тактики цивільного захисту. Львів: ЛДУ БЖД, 2024.

#### **References**

1. Civil Protection Code of Ukraine - Kyiv: Verkhovna Rada of Ukraine, 2024.
2. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 179-p of 24.02.2022 “On bringing the civil protection forces to a state of high alert”.
3. Order of the SES of Ukraine No. 301 of 15.07.2023 “On the organization and conduct of command and staff exercises”.
4. Guidelines for the preparation and conduct of command and staff exercises - Kyiv: SES of Ukraine, 2023.
5. Hryenko V.I. System of training of management bodies in the field of civil protection: a textbook: KHARKIV NATIONAL UNIVERSITY OF INTERNAL AFFAIRS, 2023.
6. Savchuk M.P., Yarovy D.O. Topical issues of civil protection tactics. - Lviv: LSU BZhd, 2024.

## АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ В УКРАЇНІ

**Василь ЛОЇК**

кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
v.loik1984@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3772-1640

**Олександр ЗАЙЦЕВ**

начальник відділу організації радіаційного, хімічного та біологічного захисту підрозділів  
Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту

**Юрій НАЛИСНИК**

заступник начальника відділу організації радіаційного, хімічного та біологічного захисту  
підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту управління організації  
радіаційного, хімічного та біологічного захисту

**Мета дослідження:** виявити, проаналізувати та систематизувати ключові проблемні аспекти забезпечення радіаційної безпеки в Україні, з урахуванням сучасних внутрішніх та зовнішніх викликів, зокрема ризиків, пов'язаних із військовими діями, а також визначити напрями удосконалення організаційної, нормативної та технічної складових системи реагування на радіаційні інциденти.

**Методи дослідження:** аналіз нормативно-правової бази, оцінка ризиків, системний підхід, контент-аналіз існуючих методичних документів МВС та ДСНС України, SWOT-аналіз.

**Результати:** дослідження виявило такі ключові проблеми: встановлено, що в Україні існує понад 4000 радіаційно небезпечних об'єктів, багато з яких розташовані в зонах потенційного ризику; виявлено серйозні прогалини в готовності інфраструктури до масової евакуації населення, а також відсутність координації між органами влади різного рівня; досліджено, що система забезпечення засобами індивідуального захисту та йодної профілактики є неефективною, а наявні запаси та механізми видачі в екстрених ситуаціях є обмеженими; виявлено недостатній рівень автоматизації дозиметричного контролю для ліквідаторів та населення, що унеможливує швидко оцінку наслідків опромінення.

**Теоретична цінність дослідження:** розширює теоретичні уявлення про багаторівневу структуру системи радіаційної безпеки в умовах війни, демонструє взаємозв'язки між технічними, організаційними та соціальними складовими безпеки, а також уточнює категорії ризику для населення України.

**Оригінальність:** проведено комплексний аналіз проблем радіаційної безпеки в умовах активної фази військових дій, з урахуванням окупації стратегічних об'єктів, що становлять підвищену ядерну небезпеку. Також проаналізовано недоліки в міжвідомчій координації та запропоновано концептуальні напрями вдосконалення.

**Практична цінність:** отримані результати можуть бути використані: при розробці оновлених стандартних операційних процедур (СОП) для органів ДСНС України, МОЗ, місцевих адміністрацій; для удосконалення системи евакуації та розробки локальних планів реагування; при формуванні програм підготовки персоналу первинної ланки; при інформаційній кампанії серед населення щодо дій у разі радіаційної загрози.

**Ключові слова:** радіаційна безпека, ядерна енергетика, аварії на АЕС, евакуація, йодна профілактика, деконтамінація, дозиметричний контроль, радіаційна розвідка.

## CURRENT ISSUES OF RADIATION SAFETY IN UKRAINE

**Vasyl LOIK**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Civil Protection,  
Lviv State University of Life Safety  
v.loik1984@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3772-1640

**Oleksandr ZAITSEV**

Head of the Department for Organization of Radiation, Chemical, and Biological Protection of Civil  
Protection Operational Rescue Units

**Yurii NALYSNYK**

Deputy Head of the Department for Organization of Radiation, Chemical, and Biological Protection  
of Civil Protection Operational Rescue Units, Directorate for Organization of Radiation, Chemical,  
and Biological Protection

**The purpose of the study:** to identify, analyze and systematize the key problematic aspects of radiation safety in Ukraine, taking into account current internal and external challenges, including risks associated with military operations, and to identify areas for improving the organizational, regulatory and technical components of the radiation incident response system.

**Research methods:** analysis of the regulatory framework, risk assessment, systematic approach, content analysis of existing methodological documents of the Ministry of Internal Affairs and the State Emergency Service, SWOT analysis.

**Results:** the absence of standard operating procedures (SOPs) for decontamination, reconnaissance and interagency cooperation during radiation events was recorded; the lack of training of SES personnel for radiation scenarios, as well as insufficient equipment, etc. was emphasized.

**Theoretical value of the study:** the study expands the understanding of the multilevel structure of the radiation safety system in wartime, demonstrates the interrelationships between technical, organizational and social components of safety, and clarifies the risk categories for the population of Ukraine.

**Originality:** a comprehensive analysis of radiation safety problems in the active phase of hostilities, taking into account the occupation of strategic facilities that pose an increased nuclear hazard, was carried out. The author also analyzes the shortcomings in interagency coordination and proposes conceptual directions for improvement.

**Practical value:** the results obtained can be used: in the development of updated SOPs for the SES, the Ministry of Health, local administrations; to improve the evacuation system and develop local response plans; in the formation of training programs for primary care personnel; in an information campaign among the population on actions in the event of a radiation threat.

**Keywords:** radiation safety, nuclear energy, iodine prophylaxis, decontamination, dosimetric monitoring, radiation survey, SOPs.

### **Вступ**

Забезпечення радіаційної безпеки є одним із ключових елементів національної безпеки держави, який безпосередньо пов'язаний із захистом життя та здоров'я населення, охороною навколишнього природного середовища та сталим розвитком країни. Кожен виявлений недолік у цьому ланцюзі – не просто технічна проблема, а потенційна катастрофа. І щоб уникнути її, потрібно не лише констатувати труднощі, а й пропонувати шляхи їх вирішення, опираючись на сучасні наукові підходи та реалії українського сьогодення.

У мирний період радіаційна безпека в Україні базувалась на відносно стабільній системі державного контролю, яка включала регулярні перевірки, автоматизований моніторинг стану довкілля, сертифікацію джерел випромінювання, а також законодавче регулювання поведінки з радіоактивними матеріалами. Водночас, навіть у мирний час система мала серйозні структурні недоліки.

Перш за все, впродовж багатьох років в Україні накопичувались проблеми з утилізацією радіоактивних відходів. Об'єкти з тимчасового зберігання, створені ще за радянських часів, зношувалися морально й технічно. Частина з них розташована поблизу населених пунктів або водозаборів. Одним із найвідоміших проблемних місць є територія колишнього Придніпровського хімічного заводу в Дніпропетровській області, де в дамбах і відстійниках залишилися мільйони тонн радіоактивного шламу. Їхній стан викликає занепокоєння у фахівців, адже витoki радіоактивних речовин у довкілля можуть спричинити довготривалі екологічні наслідки.

Ще однією проблемою в мирний час була недосконала система обліку та контролю за джерелами іонізуючого випромінювання, які використовуються у медицині, промисловості, наукових установах. Частина обладнання не має оновлених паспортів, деякі пристрої зберігаються з порушенням санітарних вимог, а інколи взагалі зникають із нагляду. Це створює ризики несанкціонованого доступу до небезпечних матеріалів або навіть їх використання в злочинних цілях.

У мирний час також недооцінювалося значення просвітницької роботи серед населення. Громадяни, навіть ті, що мешкають у потенційно небезпечних регіонах – поблизу атомних електростанцій або зон зберігання відходів – часто не мають базових знань щодо радіаційної безпеки. У школах такі теми майже не висвітлюються, а тренування з евакуації та використання засобів захисту проводяться рідко або формально. Цей фактор був хронічно недооцінений, поки Україна не зіткнулася з особливим періодом.

Повномасштабна війна, яка розпочалася в 2022 році, докорінно змінила підхід до радіаційної безпеки. Із перших днів бойових дій стало зрозуміло, що система, яка працювала у мирний час, не готова до функціонування в умовах воєнного конфлікту.

Першим тривожним дзвінком стала окупація Чорнобильської зони, через яку Україна отримала історичний і соціально-технічний досвід, що сформував особливе ставлення до питань контролю та мінімізації радіаційних ризиків. Проте в умовах нових викликів, зокрема повномасштабної війни, збройних атак на критичну ядерну інфраструктуру, гібридних загроз та загального ослаблення державних ресурсів, радіаційна безпека України знову опинилася у зоні підвищеної уваги.

Ще більш серйозною стала ситуація із Запорізькою АЕС з березня 2022 року. Це найбільша АЕС в Європі, що перебуває в умовах прямого військового контролю. Науковці, фахівці МАГАТЕ та вітчизняні експерти в один голос зазначають: станція працює у стресовому режимі, без належного доступу українських регуляторів, із постійним ризиком відключення живлення або пошкодження критичних систем. Реактори, хоч і зупинені, все ще потребують охолодження. У разі припинення електропостачання – сценарій Фукусіми стане цілком реальним. Таке становище створює безпрецедентний рівень ризику: існує можливість пошкодження ядерних установок унаслідок бойових дій, обмежується доступ міжнародних інспекцій і спеціалістів, порушується логістична та інформаційна інфраструктура, а ризик навмисного радіологічного або ядерного тероризму зростає. Вирішенням цього питання може бути лише повна демілітаризація зони станції, відновлення повноцінної роботи українського персоналу під наглядом міжнародних спостерігачів, а також створення кількох резервних ліній живлення, які неможливо вивести з ладу одночасно. Саме тому питання радіаційної безпеки України нині не обмежується лише внутрішньодержавним контекстом – це є прямою загрозою не тільки життю та здоров'ю українського суспільства, але і екологічній та гуманітарній стабільності всієї Європи.

Воєнні дії поставили під загрозу і інші елементи системи. Частина станцій автоматизованого радіаційного контролю була знищена або втратила зв'язок з центральними серверами. Транспортні маршрути, якими здійснювалося перевезення відходів або технічне обслуговування обладнання, стали небезпечними або недоступними. Фахівці виїхали за кордон або були мобілізовані, а фінансування безпекових програм скоротилось на користь оборонної галузі. Це перетворило проблему радіаційної безпеки з умовної на реальну.

Станом на серпень 2025 року на території України функціонують чотири атомні електростанції, що мають загалом 15 енергоблоків типу ВВЕР (рис.1). Додатково працюють

дослідницький ядерний реактор у Києві та підкритична установка в Харкові. Крім того, розташовані численні сховища відпрацьованого ядерного палива, підприємства та установи, які використовують джерела іонізуючого випромінювання (ДІВ) у різних галузях діяльності – від медицини до сільського господарства й наукових досліджень. Загальна кількість радіаційно небезпечних об'єктів в Україні перевищує 4000. Близько 800 000 людей проживають у зонах спостереження навколо АЕС, у семи областях – Волинській, Дніпропетровській, Запорізькій, Миколаївській, Рівненській, Херсонській та Хмельницькій. Ці регіони перебувають під потенційною загрозою у разі аварії або аварійної ситуації навколо будь-якого з діючих чи вимкнених реакторів.



Рисунок 1 – Карта АЕС України

Проблематика радіаційної безпеки в Україні має дві сторони: одна проявляється у відносно спокійний період, коли є час і ресурси для планування та модернізації; інша – в особливих умовах, коли кожна система піддається випробуванню на міцність. Але обидві ці ситуації об'єднує одна спільна риса: необхідність системного, науково обґрунтованого підходу. Без довгострокового бачення, без інвестицій в освіту, технології та законодавство, без чіткої координації всіх служб – радіаційна безпека залишатиметься вразливою. У цьому контексті радіаційна безпека виходить за межі технічних аспектів і охоплює готовність органів виконавчої влади і місцевого самоврядування до евакуації населення, забезпечення громадян засобами індивідуального захисту та йодної профілактики, автоматизацію систем дозиметричного контролю, інформованість суспільства, створення стандартних операційних процедур (СОП), а також підготовку і забезпечення екстрених служб.

Не менш серйозною проблемою залишаються радіоактивні відходи, які десятиліттями накопичувались на різних об'єктах України. Найбільше занепокоєння викликають так звані «сірі» сховища – об'єкти, що були створені ще в радянські часи без сучасних технологій

контролю витоків, із порушеннями у системі гідроізоляції. Особливу увагу вчені звертають на Придніпровський хімічний завод – місце, де досі лежать мільйони тонн радіоактивного шламу без повноцінного захисту від атмосферних впливів і потенційного прориву дамб. Цей об'єкт у разі руйнування може спричинити забруднення не лише прилеглих територій, а й басейну Дніпра. Порятунком – у створенні спеціалізованих сховищ із бетонними капсулами нового зразка, впровадженні постійного контролю за рівнем радіації та реалізації довгострокових програм рекультивації.

Ще однією важливою ланкою в системі радіаційної безпеки є радіаційний моніторинг. До війни Україна мала розгалужену мережу автоматизованих пунктів контролю, які в режимі реального часу фіксували будь-які зміни радіаційного фону. Однак із початком бойових дій частина з них була знищена, інша – втратила зв'язок із центральними серверами. Науковці наголошують, що втрата навіть кількох ключових точок моніторингу суттєво знижує оперативність реагування. Саме тому сьогодні потрібно не лише відновлювати старі станції, а й впроваджувати нові технології – безпілотники з датчиками радіації, громадські ініціативи на зразок Safecast, де самі жителі можуть фіксувати показники й передавати їх до відкритих баз даних.

На практиці низка вказаних елементів системи радіаційної безпеки виявилася недостатньо розвинутою. Так, під час реальних загроз або надзвичайних ситуацій виникають серйозні труднощі з організацією масової евакуації через відсутність відпрацьованих планів, недостатню кількість транспорту, відсутність злагодженості дій органів влади різних рівнів, недофінансованість інфраструктури транспортного та логістичного забезпечення. Забезпечення населення засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) та йодними препаратами в критичний момент є неоперативним і необґрунтовано фрагментованим. Дозиметричний контроль здійснюється епізодично і часто застарілими методами, без сучасних цифрових або автоматизованих платформ.

І, нарешті, варто наголосити на важливості міжнародного співробітництва. Україна не повинна залишатися наодинці з цими загрозами. Вже сьогодні міжнародна спільнота, зокрема МАГАТЕ, Європейський Союз, США, надають суттєву технічну й експертну допомогу. Завдяки цьому вдалося модернізувати частину обладнання, підготувати персонал та провести незалежні перевірки стану безпеки. Проте цього недостатньо. Потрібно розширювати участь партнерів у створенні нових інфраструктур – від сховищ до систем моніторингу – і забезпечити їх постійне технічне обслуговування навіть під час бойових дій.

Населення має низький рівень інформаційної підготовки: більшість громадян не знає алгоритмів дій у разі аварійного викиду радіації, не розуміє цінності йодної профілактики або має хибні уявлення про наслідки радіаційного впливу. Водночас відсутність масштабованих навчальних програм або регулярного інформування через медіа, школи та місцеве самоврядування створює додаткову вразливість.

Ще одним ключовим викликом є відсутність чітко сформованих СОП: ні для деконтамінації населення та особового складу, ні для проведення радіаційної розвідки, ні для міжвідомчої взаємодії служб у разі масованої авіаційної атаки, або вибуху у зоні АЕС. Відсутність такої нормативної основи створює хаотичність реагування, ризики для життя фахівців, які виконують оперативні задачі, та негативно впливає на загальну ефективність реагування в надзвичайній ситуації.

Стан підготовки ДСНС України, медиків, поліції до радіаційних інцидентів також виявився недостатнім. Навчальні програми первинної ланки не враховують специфіки роботи в умовах радіоактивного забруднення, матеріально-технічне оснащення – дозиметрами, захисним одягом, засобами зв'язку – часто є явно застарілим чи в недостатній кількості. Така ситуація збільшує ризик випадкового травмування або опромінення рятувальників і медиків – замість того, щоб вони були ефективними ліквідаторами аварійної ситуації.

## **Висновки**

Проведене дослідження засвідчило, що проблема радіаційної безпеки в Україні залишається однією з найбільш складних, багатовимірних та стратегічно важливих для

національної безпеки країни. Вона охоплює не лише технічну або екологічну площину, а й правову, адміністративну, освітню, медичну та гуманітарну сфери. У сучасних умовах воєнної агресії з боку російської федерації та захоплення ключових ядерно-енергетичних об'єктів, зокрема Запорізької АЕС, ці питання є надзвичайно актуальними.

Радіаційна небезпека сьогодні вже не є суто гіпотетичною загрозою, обмеженою рамками техногенних аварій на АЕС чи недотриманням норм зберігання джерел іонізуючого випромінювання. Навпаки – вона дедалі частіше проявляється як елемент гібридної війни, що може бути використаний супротивником як засіб тиску, терору або навіть безпосереднього ураження критичної інфраструктури та населення. Це кардинально змінює парадигму національного підходу до забезпечення радіаційної безпеки, вимагаючи адаптації системи управління до нових реалій.

Дослідження виявило наявність численних структурних, нормативних та організаційних проблем, які суттєво ускладнюють забезпечення радіаційної безпеки в Україні. Зокрема, йдеться про низький рівень готовності державних органів до реалізації масової евакуації населення в разі масштабної радіаційної події. Відсутність відпрацьованих планів, нестача спеціалізованого транспорту, неузгодженість дій між центральною та місцевою владою, а також хронічна недофінансованість інфраструктурних рішень – усе це створює серйозну загрозу не лише життю людей, але й довіллю, соціальній стабільності та міжнародному іміджу України.

Окремо слід наголосити на проблемах, пов'язаних із забезпеченням населення засобами індивідуального захисту, йодною профілактикою та засобами хімічного й біологічного захисту. В умовах реального сценарію ядерної загрози – чи то внаслідок аварії на АЕС, чи внаслідок застосування ядерної зброї – ці засоби є ключовими для збереження життя та мінімізації шкоди здоров'ю. Однак сьогодні система їх зберігання, розподілу й оперативної видачі залишається неефективною, фрагментарною та такою, що не має необхідного ресурсного забезпечення. Крім того, існує проблема логістичного забезпечення цих засобів у віддалених регіонах або територіях, що можуть бути заблокованими через військові дії.

Ще однією критичною проблемою є низький рівень автоматизації та цифровізації дозиметричного контролю, особливо для особового складу, задіяного у ліквідації наслідків радіаційних інцидентів. У світі дедалі більше використовуються цифрові платформи й блокчейн-системи для фіксації доз опромінення, проте в Україні цей процес залишається на початковій стадії. Це створює загрозу не лише для оперативного медичного реагування, а й для юридичного визнання шкоди здоров'ю в майбутньому, що може мати важливі соціальні та правові наслідки.

Високим ступенем проблемності також характеризується рівень обізнаності населення щодо дій під час радіаційного інциденту. Недостатність інформаційно-роз'яснювальної роботи, відсутність систематичних навчань, нерозвинена культура цивільного захисту й слабка довіра до державних структур – усе це унеможлиблює ефективну самоорганізацію громадян у критичних ситуаціях. Цей аспект набуває особливої ваги в умовах воєнного часу, коли швидке прийняття рішень і дії без централізованих команд можуть бути вирішальними.

Значною перешкодою для створення ефективної системи радіаційної безпеки виявилася відсутність Стандартних Операційних Процедур (СОП) для ряду ключових напрямів. Мова йде про відсутність інструкцій і протоколів щодо:

- проведення масової деконтамінації населення та рятувальників;
- реалізації оперативної радіаційної розвідки;
- міжвідомчої координації в умовах радіаційної надзвичайної ситуації;
- реагування на комбіновані (радіаційно-хімічні, радіаційно-біологічні) інциденти.

Відсутність таких документів свідчить не лише про технічну неготовність системи, а й про глибоку управлінську проблему – неспроможність швидко розробляти, затверджувати й впроваджувати уніфіковані інструкції, що базуються на кращих міжнародних практиках.

Ще одним важливим аспектом є стан підготовки особового складу ДСНС України та інших екстрених служб. Наявні навчальні програми переважно орієнтовані на загальні

принципи реагування й не охоплюють специфіку роботи в умовах радіаційного забруднення. Водночас матеріально-технічне забезпечення, зокрема наявність дозиметрів, спеціального захисного одягу, дезактиваційних засобів та засобів зв'язку, не відповідає сучасним викликам. Як наслідок – рятувальники першої ланки можуть опинитися в ситуації, де вони самі стануть жертвами події, замість того щоб бути ефективними ліквідаторами її наслідків.

Комплексне вирішення вказаних проблем потребує багаторівневого підходу, що включає:

1. Оновлення нормативно-правової бази з урахуванням сучасних воєнних загроз і сценаріїв.
2. Розробку та впровадження СОП щодо реагування на різні типи радіаційних інцидентів.
3. Цифровізацію систем контролю, оповіщення та обліку радіаційного ураження.
4. Забезпечення матеріально-технічної бази екстрених служб сучасним обладнанням.
5. Підвищення рівня підготовки персоналу на всіх рівнях реагування.
6. Розвиток інформаційної політики та просвітницьких кампаній серед населення.
7. Міжнародну кооперацію, зокрема із структурами МАГАТЕ, ВООЗ, НАТО та ЄС.

#### **Список використаних джерел**

1. Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку».
2. Кодекс цивільного захисту України.
3. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо захисту людини від впливу іонізуючого випромінювання» (реєстр. № 8223).
4. Закон України № 2581-IX від 7 вересня 2022 року «Про вдосконалення системи екстреної допомоги за номером 112».
5. Проект закону № 8223 щодо імплементації стандартів ЄС для захисту людини від іонізуючого випромінювання.

#### **References**

1. The Law of Ukraine “On the Use of Nuclear Energy and Radiation Safety”.
2. The Civil Defense Code of Ukraine.
3. The Law of Ukraine “On Amendments to Certain Laws of Ukraine on Human Protection from Ionizing Radiation” (Reg. No. 8223).
4. Law of Ukraine No. 2581-IX of September 7, 2022 “On Improving the Emergency Call System 112”.
5. Draft Law No. 8223 on the implementation of EU standards for the protection of humans from ionizing radiation.

## PREPARING FOR COMPLEXITY A COMPREHENSIVE FRAMEWORK FOR FULL-SCALE CIVIL PROTECTION EXERCISES

### Cristian RESCH

Master of Engineering in Industrial Risk Management, Master of Science in CBRN Defence  
Managing Director Disaster Competence Network Austria,  
christian.resch@dcna.at, ORCID: 0000-0002-2186-6626

### Andrii HAVRYS

PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Head of the Department of Civil  
Protection, Lviv State University of Life Safety,  
Havrys.AND@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2527-7906

### Oleksandra PEKARSKA

Lecturer of the Department of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety,  
oleksa.pekarska@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6945-2588

### Viktoriiia FILIPPOVA

Adjunct of the Full-Time Doctoral (PhD) Program, Lviv State University of Life Safety,  
filippova99@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0771-1975

**Purpose:** the objective of this study is to develop and substantiate a comprehensive, narrative-driven methodology for the conceptualization, design, execution, and critical evaluation of full-scale civil protection exercises within the framework of the European Union Civil Protection Mechanism (UCPM). The research aims to support the transformation of the European civil protection system from a predominantly reactive response paradigm towards a proactive preparedness model that effectively addresses the complexities of the contemporary risk environment. Within this study, a unified action framework for practitioners and policymakers is proposed, encompassing the establishment of robust technical and institutional linkages, the implementation of an integrated training process that fully simulates crisis dynamics, and the incorporation of continuous improvement mechanisms. The ultimate goal is to safeguard human life, protect livelihoods, and reinforce the principle of solidarity as a foundational pillar of the EU Civil Protection Mechanism.

**Method:** narrative approach, content analysis, case study analysis, systematic document review, SWOT analysis, vulnerability assessment, structured interviews and focus groups, Delphi method, simulation methods (TTX, CPX, FSX), real-time monitoring, participant surveys, after-action review (AAR).

**Findings:** the study has made it possible to develop a unified and adaptive framework for building a resilient civil protection architecture in Europe. The proposed methodology for full-scale exercises enhances preparedness, identifies vulnerabilities, improves communication, fosters interagency cooperation, ensures data collection and analysis, supports continuous improvement, expands the evidence base, and institutionalizes a systematic approach to preparedness.

**Theoretical implications:** the theoretical contribution of this study is the development of a multi-level, narrative-oriented methodology for full-scale civil protection exercises that promotes a conceptual shift from reactive to preventive strategies in addressing complex and interdependent threats. By integrating theoretical foundations, practical guidelines of the European Commission, and empirical training experience, the research offers an adaptive and modular framework for improving preparedness. The systematization and dissemination of the findings strengthen the evidence base in the field of civil protection and foster the advancement of scientific and practical discourse in multilateral crisis management.

**Practical implications:** the practical value of the study lies in the development of a ready-to-implement, multi-level methodology for conducting full-scale civil protection exercises that delivers measurable outcomes for emergency services, governmental bodies, and interagency structures. The

proposed approach enables: the implementation of a strategic shift toward anticipatory preparedness; enhancement of operational interoperability and interagency coordination; identification and elimination of systemic vulnerabilities; continuous improvement through the integration of feedback mechanisms; and the adaptation of training to various threat scenarios at both national and cross-border levels.

**Originality:** this study presents an innovative, multi-level methodology for full-scale civil protection exercises that integrates theoretical concepts, practical experience, and real-world scenarios through a narrative-based approach. For the first time, a comprehensive framework has been developed to support the transition from reactive response to anticipatory preparedness, specifically tailored to complex, rapidly evolving, and interdependent threats. The proposed methodology is flexible and scalable, and is designed to facilitate the integration of lessons learned into policies, operational plans, and training programs within the framework of the Union Civil Protection Mechanism (UCPM).

**Future research:** the contribution of this study is the development of a ready-to-implement, multi-level methodology based on simulation scenarios, designed for the organization of full-scale civil protection exercises. The proposed approach offers tangible benefits for practical activities in the field of safety, including support for the strategic shift toward anticipatory preparedness, enhancement of interagency coordination, adaptability of training processes to various types of threats, improvement of crisis communication, and the effective preservation and dissemination of acquired knowledge through training programs, technical documentation, and scientific publications.

**Keywords:** civil protection, full-scale exercises, UCPM, hybrid threats, multi-agency coordination, scenario planning, performance evaluation.

## ІНТЕГРОВАНА КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ПІДГОТОВКИ ДО СКЛАДНИХ ЗАГРОЗ У РАМКАХ ПОВНОМАСШТАБНИХ НАВЧАНЬ З ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

### Крістіан РЕШ

магістр інженерії з управління промисловими ризиками, Магістр наук із захисту від хімічних, біологічних, радіаційних та ядерних загроз (CBRN), Керівний директор Мережі компетентності з питань надзвичайних ситуацій Австрії (Disaster Competence Network Austria),

christian.resch@dcna.at, ORCID: 0000-0002-2186-6626

### Андрій ГАВРИСЬ

кандидат технічних наук, доцент, заступник начальника кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, Navrys.AND@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2527-7906

### Олександра ПЕКАРСЬКА

викладач кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,

oleksa.pekarska@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6945-2588

### Вікторія ФІЛІПОВА

ад'юнкт денної форми здобуття освіти докторантури-ад'юнктури Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,

filippova99@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0771-1975

**Мета дослідження:** метою цього дослідження є розробка та обґрунтування всеосяжної, наративно орієнтованої методології концептуалізації, проектування, проведення та критичної оцінки повномасштабних навчань з питань цивільного захисту в рамках Механізму цивільного

захисту Європейського Союзу (UCPM). Дослідження спрямоване на підтримку трансформації європейської системи цивільного захисту від переважно реактивної моделі реагування до проактивної моделі готовності, здатної ефективно відповідати на виклики складного та взаємопов'язаного середовища ризиків. У межах роботи запропоновано уніфіковану рамкову концепцію дій для практиків і розробників політики, яка охоплює формування стійких технічних та інституційних зв'язків, впровадження інтегрованого навчального процесу з повною імітацією динаміки кризових ситуацій, а також запровадження механізмів безперервного удосконалення. Кінцева мета – збереження людських життів, захист засобів до існування та зміцнення принципу солідарності як фундаментальної основи функціонування Механізму цивільного захисту ЄС.

**Методи дослідження:** нарративний підхід, контент-аналіз, аналіз кейсів, систематичний огляд документів, SWOT-аналіз, оцінка вразливостей, структуровані інтерв'ю та фокус-групи, метод Дельфі, симуляційні методи (TTX, CPX, FSX), моніторинг у реальному часі, опитування учасників, післядійний огляд (AAR).

**Результати:** у результаті дослідження розроблено уніфіковану та адаптивну концепцію створення стійкої архітектури цивільного захисту в Європі. Запропонована методологія повномасштабних навчань підвищує рівень готовності, виявляє вразливі місця, удосконалює комунікацію, сприяє міжвідомчій координації, забезпечує ефективний збір і аналіз даних, підтримує процес безперервного вдосконалення, розширює доказову базу та інституціоналізує системний підхід до підготовки.

**Теоретична цінність дослідження:** теоретичний внесок дослідження полягає у створенні багаторівневої, нарративно орієнтованої методології повномасштабних навчань з цивільного захисту, яка забезпечує концептуальний перехід від реактивних стратегій до запобіжних підходів у контексті складних та взаємопов'язаних загроз. Інтеграція теоретичних основ, практичних керівних положень Європейської комісії та емпіричного досвіду навчань дала змогу розробити адаптивну та модульну структуру для підвищення рівня готовності. Систематизація та поширення отриманих результатів сприяють зміцненню доказової бази у сфері цивільного захисту та розвитку наукового й практичного дискурсу у галузі багатостороннього управління кризами.

**Практична цінність дослідження:** практична цінність дослідження полягає у розробці готової до впровадження, багаторівневої методології проведення повномасштабних навчань з цивільного захисту, яка забезпечує досягнення вимірюваних результатів для аварійно-рятувальних служб, органів державної влади та міжвідомчих структур. Запропонований підхід дає змогу реалізувати стратегічний перехід до запобіжної моделі готовності; підвищити рівень оперативної сумісності та міжвідомчої координації; виявляти та усувати системні вразливості; забезпечувати безперервне вдосконалення завдяки інтеграції механізмів зворотного зв'язку; адаптувати навчальні процеси до різних сценаріїв загроз на національному та транскордонному рівнях.

**Оригінальність дослідження:** у цьому дослідженні представлено інноваційну, багаторівневу методологію повномасштабних навчань з цивільного захисту, яка поєднує теоретичні засади, практичний досвід та реальні сценарії на основі нарративного підходу. Вперше розроблено всеосяжну концепцію, що сприяє переходу від реактивного реагування до проактивної підготовки, адаптованої до складних, динамічних та взаємозалежних загроз. Запропонована методологія є гнучкою, масштабованою та спрямованою на інтеграцію отриманих уроків у політики, оперативні плани та навчальні програми в рамках Механізму цивільного захисту ЄС (UCPM).

**Майбутні дослідження:** розроблена в рамках дослідження готова до практичного застосування багаторівнева методологія, заснована на симуляційних сценаріях, призначена для організації повномасштабних навчань з цивільного захисту. Запропонований підхід має практичну цінність для діяльності у сфері безпеки, оскільки підтримує стратегічний перехід до запобіжної моделі готовності, сприяє розвитку міжвідомчої координації, забезпечує адаптивність навчальних процесів до різних типів загроз, підвищує ефективність кризової

комунікації та забезпечує збереження й поширення набутого досвіду через навчальні програми, технічну документацію та наукові публікації.

**Ключові слова:** цивільний захист, повномасштабні навчання, UCPM, гібридні загрози, міжвідомча координація, сценарне планування, оцінювання ефективності.

### **Introduction**

In a world increasingly characterized by the intersection of diverse and compounding hazards, Europe's civil protection community finds itself at a transformative inflection point. Climate change is altering precipitation patterns and intensifying the frequency and severity of floods along river basins and coastal regions - phenomena once considered rare are now becoming annual occurrences. At the same time, global health crises such as the COVID-19 pandemic have laid bare profound deficiencies in public health systems: hospitals overwhelmed, supply chains disrupted, and entire societies brought to the brink by a microscopic pathogen. Simultaneously, geopolitical fault lines - whether in Eastern Europe, the Middle East, or along the Arctic's emerging shipping lanes - are giving rise to "hybrid" threats that blur the boundaries between conventional military aggression, sophisticated cyber-physical sabotage of critical infrastructure, and concerted disinformation campaigns designed to undermine public trust and sow panic. Moreover, critical lifelines - power grids, water treatment plants, transportation networks - now face a dual onslaught: extreme weather events that strain or damage physical assets, and human-driven assaults that exploit technological vulnerabilities. In this context, the longstanding model of waiting for an event to occur and then mobilizing resources reactively, governed by hierarchical, siloed structures, is no longer tenable. The complexity, speed, and interdependence of today's threats demand a fundamental shift: Europe's civil protection agencies must adopt a forward-looking, anticipatory stance. This means not only predicting likely disruption scenarios but also building the technical interoperability and institutional networks necessary to respond seamlessly across national borders and organizational boundaries. It calls for rigorous, integrated training exercises that simulate the full spectrum of crisis dynamics - from muddy floodplains and chemical spill sites to blackout-induced chaos in digital control rooms - so that decision-makers, planners, and field operators can rehearse their roles under realistic, high-pressure conditions.

### **Problem statement**

This chapter lays out a richly detailed, narrative-driven methodology for conceptualizing, organizing, conducting, and critiquing full-scale civil protection exercises within the framework of the Union Civil Protection Mechanism (UCPM). Drawing on the theoretical underpinnings articulated by Christian Resch in *Preparing for Complexity* (2025), the hard-won lessons and step-by-step guidance of the European Commission's *Technical Guide for UCPM Full-Scale Exercises* (DG ECHO, 2024), and the pragmatic, on-the-ground experiences of the CROSSFLOOD exercise series (2022), it weaves these diverse strands into a cohesive, modular approach. At its core, this methodology emphasizes three pillars: first, a comprehensive needs assessment that leverages historical incident data, real-time hazard monitoring, and stakeholder consultations to craft scenarios of maximum relevance; second, a multi-tiered exercise design that progresses from strategic tabletop simulations to command-post rehearsals and finally to live, field-level deployments; and third, an embedded evaluation and feedback mechanism that ensures lessons learned are immediately incorporated back into policy, training curricula, and standard operating procedures. By blending theoretical insight, technical rigor, and operational practicality, the framework can be adapted to an array of threat environments - whether simulating a deluge along the Danube's floodplains, a coordinated chemical-cyber assault on a metropolitan waterworks, or a simultaneous wildfire and refugee influx in a mountainous border region - all over a two-year planning and execution horizon. This chapter thus offers practitioners and policymakers a unified blueprint for building and sustaining a truly anticipatory, resilient civil protection architecture across Europe.

### **Research methodology**

#### **1. Strategic Imperative: From Reactive Response to Anticipatory Preparedness**

Over recent decades, Europe's civil protection community has witnessed a fundamental shift in the nature and pace of emergencies. No longer confined to isolated events - whether a flash flood in a mountain valley or a local industrial accident - crises now unfold as cascading phenomena, with

one hazard triggering another in rapid succession. In this context, the legacy model of reactive response, where authorities wait for an alarm to sound before mobilizing assets, has proven increasingly insufficient. Instead, civil protection agencies must adopt an anticipatory posture, one in which risk is continually monitored, vulnerabilities are systematically identified, and simulated exercises recreate the pressures of real-world disasters so that gaps can be detected and closed before a crisis strikes. This transformation requires not only a conceptual shift - from “respond and recover” to “anticipate and adapt” - but also an operational one: government ministries, emergency services, humanitarian organizations, and military liaison cells must forge interoperable networks that can spring into coordinated action at a moment’s notice, even under conditions of extreme uncertainty.

### **1.1 Evolving Risk Landscape**

The tapestry of twenty-first-century risk is woven from threads that span the natural, technological, and geopolitical realms. According to the European Environment Agency’s 2024 Climate Risk Assessment, Europe is experiencing an unprecedented rise in both the frequency and intensity of extreme weather events: river basins that once flooded only once in a century now breach their banks multiple times within a decade, while heatwave episodes last longer and spread wider, fueling simultaneous wildfires in Mediterranean and Central European forests. These environmental stressors overlap with the ever-present threat of pandemics - COVID-19 revealed how quickly a novel pathogen can incapacitate hospital wards, disrupt global supply chains, and force authorities to repurpose civil protection resources toward public health containment. Overlaying these challenges is a rapidly evolving threat of hybrid warfare. NATO’s Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence has issued multiple advisories warning of adversaries’ growing willingness to launch cyber-physical attacks on critical infrastructure: imagine a scenario in which hackers disable flood-level sensors upstream just as torrential rains arrive, leaving communities blind to rising waters, or in which a disinformation campaign falsely claims that evacuation routes are mined, sowing confusion and delaying rescue operations.

These hazard vectors do not exist in isolation. Heavy rainfall can destabilize aging munitions stockpiles near former military sites, propelling unexploded ordnance (UXO) downstream into civilian neighborhoods. Simultaneously, cyber intrusions might sever communications links between field teams and command centers, leaving first responders to rely on antiquated radio relays. Social media platforms can amplify rumors - sometimes deliberately seeded by hostile actors - that drinking water is contaminated, triggering mass panic and spontaneous mass movements across borders. Such phenomena transform a single flood event into a multi-hazard emergency that tests not only pumps and sandbags but also crisis governance, public messaging, and international solidarity.

### **1.2 Policy Drivers and Governance Frameworks**

In response to these converging threats, EU policymakers have articulated a strategic vision anchored in resilience through prevention and preparedness. The European Preparedness Union Strategy establishes a cohesive framework for member states to pool resources, share expertise, and coordinate cross-border assistance. Central to this strategy is the Union Civil Protection Mechanism (UCPM), which provides the legal and operational architecture for rapid deployment of capacities - ranging from flood-relief pumps and field hospitals to CBRN detection kits and urban search-and-rescue modules.

Key instruments within this governance ecosystem include the Civil Protection Financial Instrument, which underwrites up to 75% of eligible costs for joint exercises and capability development; the Common Emergency Communication and Information System (CECIS), which ensures encrypted, real-time data exchange among national authorities and the European Emergency Response Coordination Centre (ERCC); and the Copernicus Emergency Management Service, whose satellite-derived rapid mapping products can delineate flooded areas within hours of a request. Complementing these tools is the Virtual On-Site Operations Coordination Centre (Virtual OSOCC), a web-based platform where responders, observers, and international partners can converge digitally to share situation reports, resource requests, and media updates.

Implementation of these instruments occurs at the national level through contingency plans that codify procedures for requesting and offering assistance, customs facilitation of incoming relief

convoys, and Host Nation Support (HNS) agreements that define the legal basis for military assets to support civilian efforts. EU Decision 1313/2013 underpins these arrangements, mandating that member states establish designated contact points, maintain pre-identified assets earmarked for UCPM deployments, and conduct regular joint exercises. Through this interlocking policy and legal framework, Europe seeks to operationalize a doctrine of anticipatory preparedness - one in which crises are not merely reacted to but are systematically anticipated, rehearsed, and mitigated through collective action.

## **2. Comprehensive Needs Assessment and Scenario Design**

Phase One of any full-scale civil protection exercise begins with a painstakingly comprehensive needs assessment, a foundational step that ensures all subsequent planning and scenario design are grounded in empirical evidence and real-world context. The process opens with a systematic review of national risk registers, official compendia compiled by each member state's civil protection authority that catalogue known hazards, assess their likelihood and potential impact, and map the vulnerabilities of communities, critical infrastructure, and key lifelines. These registers not only identify flood-prone river basins, forested regions susceptible to wildfires, and seismic zones, but also integrate socio-economic data - population density, age demographics, and economic activity - that illuminate where disruptions could cause the greatest human and financial toll. By interrogating these registers, planners gain a granular understanding of where resources may be chronically under-resourced, which municipalities face compound risks (for example, a lakeside town also serving as a major rail hub), and how historical response efforts have succeeded or fallen short.

Complementing this registry-based approach, the exercise design team delves into historical incident reviews. Detailed case studies - such as the catastrophic Danube floods of 2013, which inundated more than sixteen thousand hectares across Austria, Hungary, and Serbia, disrupting river shipping channels and displacing tens of thousands of residents - offer invaluable lessons. Planners dissect every phase of those historic responses: the timing and sequencing of dike reinforcements, the communication protocols that alerted downstream communities, and the logistical challenges of cross-border equipment movements. Similarly, investigations into unexploded ordnance displacement along the Elbe River in 2018 reveal how sudden high-water events can shift decades-old munitions fields into inhabited areas. These retrospectives highlight both technical imperatives - such as mapping the precise coordinates of known UXO deposits and monitoring sediment transport - and human factors, including local population awareness of legacy contamination and the proficiency of EOD teams in transitioning from training grounds to live environments.

Building on this historical and register-based expertise, the needs assessment also incorporates rigorous infrastructure vulnerability analyses. Civil protection planners collaborate with hydrologists, structural engineers, and cybersecurity specialists to audit the resilience of dams, levees, wastewater treatment plants, and urban drainage networks. Physical inspections assess material fatigue, erosion patterns, and emergency spillway capacity, while digital penetration tests probe the security of SCADA systems - the supervisory control and data-acquisition networks that regulate sluice gates, pump operations, and sensor arrays. These technical audits reveal critical chokepoints: an aging dam whose automated gates could fail under sustained flood pressure, a sewage treatment facility without backup power, or a sensor network vulnerable to denial-of-service attacks. By integrating engineering reports, flood modelling outputs, and cyber-security vulnerability scans, the exercise design team constructs a multi-dimensional threat map that informs both the hypothetical scenario's stress points and the real-world recommendations that will flow from the exercise's After-Action Review.

Equally vital to this evidence-driven approach are stakeholder surveys, which bring the voices of front-line practitioners, community leaders, and civil society organizations into the planning room. Through structured interviews and focus-group workshops, emergency managers share insights on previous interagency coordination hurdles - how conflicting radio frequencies delayed rescue dispatches, which standard operating procedures proved ambiguous, and where legal restrictions on military support created operational bottlenecks. First responders recount challenges in communicating risk to senior officials, NGO coordinators reveal gaps in volunteer management during surges, and community representatives convey the lived experiences of flood-affected

households - language barriers, evacuation grievances, and the social networks citizens relied on when official alerts arrived late. These qualitative data points - often overlooked in purely numeric analyses - highlight the importance of cultural context, trust relationships, and clear communication channels. They inform scenario injects designed to test public information officers' ability to dispel rumors, to rehearse the rapid translation of evacuation orders into multiple local languages, and to simulate the community outreach mechanisms necessary when energy outages cut off digital alerts.

By weaving together insights from national registries, historical reviews, technical audits, and stakeholder perspectives, the Phase One needs assessment lays the groundwork for a scenario that is not only plausible and challenging but also directly relevant to the jurisdictions and agencies participating. The result is a richly detailed threat narrative - one that captures the cascading interplay of natural, technological, and social dynamics - and a prioritized list of exercise objectives and performance metrics. Whether the subsequent scenario will focus on a tri-border river surge, a multi-agency EOD operation downstream of a breached levee, or a combined flood-cyber event that tests both pump station controls and public trust, it will be shaped by this exhaustive groundwork, ensuring that the exercise drills the precise capabilities and coordination mechanisms most in need of reinforcement.

### **2.1 Narrative Scenario Construction**

Synthesizing these diverse data streams and stakeholder inputs, the exercise design team constructs an elaborate, multi-actor, multi-hazard narrative that unfolds over a simulated ten-day period and is deliberately crafted to stretch the capacities of every participating agency. The story begins in the early hours of Day 1, when the stationary atmospheric river Prut stalls over the border catchment where fastest-flowing tributary feeds into deeply meandering main stem, itself spilling into lowland agricultural plain. Meteorological satellites and ground stations have already logged 250 millimeters of rain in 48 hours - double the ten-year high - but forecasts fail to capture just how rapidly soil saturation will escalate. By midday, river gauges register levels exceeding the emergency threshold. In coordination centers, hydrologists warn that existing levee heights - engineered for a "once-in-a-century" flood - will be overtopped within 24 hours, but downstream communities remain largely unaware of the pending deluge.

On Day 2, as floodwaters begin to creep over secondary embankments, emergency management authorities activate local warning systems. Sirens wail in towns on both sides of the border, and evacuation orders target low-lying neighborhoods. Yet, many residents hesitate: over a hundred years of absence of major floods has bred complacency, and previous alerts - later revealed to have been false alarms - have eroded public trust. Local volunteer groups initiate door-to-door notifications, only to find language barriers along the informal crossing points where migrant and minority communities reside. This early social friction foreshadows the larger humanitarian challenges to come.

By Day 3, the first major failure occurs, where a weakened section of levee - identified two years earlier in a technical audit but never fully reinforced - gives way. A torrent of muddy water surges into adjacent industrial zones, submerging storage yards that contain decades-old munitions from past conflicts. Within hours, unmarked ordnance, long dormant, is swept downstream, deposited on flooded streets and playgrounds. Explosive ordnance disposal (EOD) teams are dispatched, but their arrival is hampered by flooded access roads and malfunctioning GPS receivers, which succumb to electromagnetic interference from saturated power lines.

Meanwhile, the flood crest collides with a crumbling containment wall at an abandoned chemical plant on Day 4. Stored solvents and solvents-laden sludges - left over from a defunct manufacturing process - spill into the swollen river, transforming innocuous floodwaters into a toxic cocktail. Mobile contamination monitors, worn by rapid-response hazmat teams, begin to register elevated readings of volatile organic compounds. Decontamination protocols kick in: field teams erect portable decon showers, treat runoff water in segregated tanks, and mark off hot, warm, and cold zones around the breach site. Yet every minute spent managing chemical hazards diverts critical manpower from civilian evacuation and shelter operations.

While technical contingencies strain, social dynamics cascade into the scenario on Day 5. Malicious actors - role-players representing a disinformation cell - seed false messages on popular social media platforms, falsely claiming that downstream dams have been deliberately "blown" by

foreign saboteurs. Panic-stricken residents begin to converge on informal crossing routes, which is not part of the exercise area, believing it to be a safe haven. Hundreds of people stream across unguarded border points, overwhelming volunteer border monitors and compelling civil protection forces to establish ad hoc reception centers. The sudden influx of uncounted civilians complicates resource allocation: food, water, and shelter provisions earmarked for flood evacuees must be quickly scaled to accommodate an unanticipated humanitarian spike.

Throughout Days 6 and 7, these intersecting crises intensify. Floodwaters still surge, EOD teams clear UXO-laden zones only to find more shells embedded in silt, contamination teams rotate shifts to avoid chemical exposure, and the cyber-attack persists in intermittent waves, periodically disabling key sensors and communications links. Each new challenge triggers fresh injects - simulated aftershocks in a nearby seismic zone, failure of backup generators at a critical pumping station, and rumors circulating on encrypted messaging apps that relief supplies are contaminated.

International journalists arrive, broadcast dramatic images of families stranded atop rooftops, and publish conflicting reports on social platforms. Public information officers must hold live press briefings, correct inaccuracies, and leverage the Virtual OSOCC to push verified updates. Their performance in handling hostile questioning and maintaining transparency under duress becomes a key evaluation metric.

By the conclusion, the floodwaters recede enough to permit a systematic transition to recovery operations. The scenario delivers a reservoir of data: timestamps of every levee reinforcement, chemical decontamination throughput rates, hand-off delays caused by cyber outages, evacuee registration numbers at each camp, and public sentiment metrics gleaned from social media analytics.

These rich datasets feed into the After-Action Review, where planners, responders, and observers dissect every decision point, unearth latent vulnerabilities, and craft targeted recommendations. The multi-layered, multi-jurisdictional narrative thus ensures that this full-scale exercise pushes all participating entities to their operational limits, forging robust interagency bonds and yielding hard-won insights that strengthen Europe's anticipatory preparedness for the crises of tomorrow.

## **2.2 SMART Objectives and Performance Indicators**

Each exercise is anchored by SMART objectives:

–Rapid UCPM Activation: Trigger UCPM alerts within 90 minutes of HNS request, with objective evidence from CECIS timestamp logs.

–Integrated Decontamination: Complete set-up and first operation of a mobile chemical decontamination unit within four hours of arrival at the affected site.

–Interoperable Communications: Achieve 95% uptime on redundant communication channels (satellite, radio, mobile mesh) during simulated outages.

–Community Engagement: Conduct three public information sessions via simulated briefings and virtual town halls, measured by participant feedback scores above 4/5.

–Performance indicators span quantitative metrics (deployment times, throughput rates, communication uptime) and qualitative assessments (stakeholder trust levels, clarity of command directives, feedback from role-players).

## **3. Governance Structures**

Governance of a full-scale UCPM exercise is deliberately structured to balance strategic oversight, technical rigor, and impartial evaluation through a multi-tiered framework that ensures accountability, cross-functional collaboration, and continuous improvement. At the highest level sits the Steering Committee, a body composed of senior leaders drawn from each participating organization - national civil protection agencies, military liaison cells, non-governmental partners, and academic or research institutions. These representatives convene at regular intervals, typically on a quarterly basis, to review progress against the exercise's overarching goals and to make high-level decisions on budget allocations, risk mitigation measures, and any necessary strategic realignments. Their mandate encompasses the approval of key deliverables such as detailed project plans, legal agreements for host-nation support, and media engagement strategies, as well as the authority to endorse shifting priorities in response to emerging geopolitical developments or technical constraints.

By maintaining this quarterly cadence, the Steering Committee ensures that the exercise remains aligned with both EU policy directives and evolving national objectives, while also safeguarding the integrity of financial and contractual arrangements.

Beneath the Steering Committee operate a series of Technical Working Groups, each focused on a critical domain of exercise design and execution. These groups - dedicated to Logistics, Communications, Medical Response, Explosive Ordnance Disposal and Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (EOD/CBRN) operations, and Community Outreach - meet more frequently, often on a monthly cycle, to dive deeply into operational details. The Logistics Working Group, for example, scrutinizes transport corridors, storage facilities for equipment caches, and the sequencing of pump deployments, drawing on geospatial analyses and field reconnaissance reports. The Communications Working Group develops and tests interoperability protocols among radio networks, satellite terminals, and mobile ad-hoc mesh systems, ensuring that fallback arrangements are rigorously documented and rehearsed. Meanwhile, the Medical Response Team refines casualty triage procedures, mass-casualty simulation injects, and the flow of patients through field hospitals, coordinating closely with civilian health authorities and international medical NGOs. The EOD/CBRN group designs realistic contamination scenarios, selects appropriate detection and sampling equipment, and codifies safety perimeters and decontamination corridors. Finally, the Community Outreach team crafts public information campaigns, roleplays town-hall briefings, and prepares multilingual materials to evaluate how effectively authorities can counter misinformation and maintain community trust. These technical groups not only develop standard operating procedures and detailed scenario scripts, but also draft the evaluation criteria by which each phase of the exercise will be judged.

Complementing these two layers is the Evaluation Cell, an autonomous body charged with creating the monitoring and evaluation (M&E) framework that underpins the entire exercise's integrity. Staffed by independent experts in performance measurement, data analysis, and organizational behavior, the cell begins its work even before the first planning meeting, designing data collection instruments - such as structured observation checklists, digital logs for equipment tracking, and participant perception surveys - that align directly with the SMART objectives defined during the needs assessment. During the exercise, the Evaluation Cell deploys trained observers to each command post, field site, and public information center, ensuring that data capture is consistent and that any deviations from agreed-upon protocols are documented in real time. After the final scenario inject, the cell consolidates quantitative metrics - response times, throughput rates, and system uptimes - with qualitative insights drawn from focus groups and hot-wash discussions. In the weeks following the exercise, the Evaluation Cell leads the After-Action Review, facilitating workshops where stakeholders critically examine findings, debate root causes, and coalesce around prioritized recommendations.

Throughout all tiers of governance, communication and document sharing occur exclusively via secure, encrypted collaboration platforms to preserve the confidentiality and integrity of sensitive information. The Common Emergency Communication and Information System (CECIS) serves as the backbone for official requests, status reports, and document archives. A dedicated Microsoft Teams environment provides daily interaction spaces for working-group subteams to co-edit plans, share live data dashboards, and conduct virtual briefings. The Virtual On-Site Operations Coordination Centre (Virtual OSOCC) offers a consolidated situational awareness feed, aggregating geospatial mapping, satellite imagery, and live video streams for decision-makers and observers alike. By weaving these secure channels into every level of governance, the exercise ensures that strategic directives, technical discussions, and evaluative insights flow seamlessly across organizational and national boundaries, creating a unified framework that enhances accountability, fosters trust, and drives the continuous improvement essential to anticipatory preparedness.

#### **4. Multi-Tiered Exercise Structure**

##### **4.1 Tabletop Exercise (TTX)**

The Tabletop Exercise represents the strategic cornerstone of the full-scale exercise sequence, convening key leadership figures and crisis management specialists to confront complex decision points in a condensed, simulated environment. Lasting approximately six to eight hours, the TTX

brings together senior ministry-level decision-makers, representatives from the EU delegation, members of the EU Civil Protection Team (EUCPT), media liaison officers, and leaders of non-governmental organizations. Rather than operational fieldwork, the focus is on testing high-level protocols and communication channels under pressure.

The exercise begins with a Common Emergency Communication and Information System (CECIS)-driven simulation of a UCPM assistance request. Participants receive a sequence of digital injects - initial damage estimates, requests for disaster relief modules, and updates on deteriorating weather conditions - and must draft and transmit an official appeal for cross-border support. This procedural drill validates the timeliness and accuracy of UCPM request templates, ensuring that alerts issued from national headquarters contain all necessary information for rapid deployment.

Next, senior officials engage in a structured negotiation of Host Nation Support (HNS) terms. With mock maps of logistic corridors, airlift routes, and customs checkpoints displayed on shared screens, negotiators must balance operational urgency against legal and administrative constraints. Their task is to agree on fuel and equipment transit permissions, expedited customs clearances, and corridors reserved for convoys, all within a strict time frame designed to mimic real-world diplomatic pressures.

Simultaneously, media and public communications officers confront a series of injects designed to replicate the chaos of modern information warfare. Fake social-media posts alleging pump failures, last-minute video clips showing flooded marketplaces, and unexpected “press conferences” staged by role-players test the team’s ability to craft clear, factual messages and to coordinate press briefings across multiple platforms. Officers must rapidly draft holding statements, approve them through proper chains of command, and distribute them via official channels - all while maintaining consistent messaging in the face of contradictory rumors.

Complementing the strategic and communicative dimensions, participants don virtual-reality headsets for immersive walkthroughs of flood-impacted urban districts. In these simulated streets, they encounter hypothetical clusters of unexploded ordnance (UXO) strewn across submerged roadways and must collaboratively determine where to deploy response modules - mobile pumping units, medical triage tents, and EOD containment zones. This VR component not only familiarizes senior staff with the spatial complexity of field operations but also challenges them to integrate technical hazard assessments into overarching crisis strategies.

By the conclusion of the TTX, the exercise yields several critical outcomes. First, it delivers concrete validation of crisis-management standard operating procedures, highlighting areas where templates are incomplete or reaction times exceed acceptable thresholds. Second, it uncovers legal and procedural bottlenecks in cross-border assistance, such as ambiguous customs waiver language or unclear corridor definitions. Finally, it produces refined media and public messaging templates, incorporating tested headlines, emergency hashtags, and briefing formats that can be rapidly activated in a real incident.

#### **4.2 Command Post Exercise (CPX)**

Building on the strategic insights gained during the TTX, the Command Post Exercise immerses operational staff in a dynamic, 24-hour simulation that bridges headquarters planning with near-real-time field coordination. Attendees include personnel from national Emergency Operations Centers (EOCs), representatives from the European Emergency Response Coordination Centre (ERCC), satellite imagery analysts, and communications specialists.

At the onset, participants receive live feeds of Copernicus Emergency Management Service (EMS) rapid mapping products and Natech risk analysis dashboards projected on large screens. These geospatial overlays reveal the progression of floodwaters, emerging hotspots of infrastructure vulnerability, and potential contamination plumes. Analysts interpret these feeds to generate updated situation reports, which are then disseminated through command channels to inform tactical decisions.

Midway through the CPX, exercise controllers inject a series of simulated cyber incidents targeting telemetry and geographic-information-system (GIS) networks. Suddenly, water-level sensor readings vanish from digital dashboards, and map layers fail to load. Participants must switch to high-frequency (HF) radio networks and backup manual logs to maintain situational awareness. This cyber-fallback drill tests the resilience of communications protocols and ensures that operators can pivot seamlessly without losing critical data.

Concurrently, civil and military liaison cells conduct coordination drills. EU Civil Protection Teams (EUCPT) embedded at field command posts practice integrating with national brigades, sharing encrypted radio channels, and synchronizing convoy movements. These sessions reaffirm the procedures for joint command, clarify authority boundaries, and verify that all parties can access shared planning tools - even when bandwidth is limited.

At exercise end, the CPX produces three primary outcomes. First, it demonstrates the redundancy and robustness of information networks by showing which backup channels held firm under simulated attack. Second, it verifies the interoperability of civil-military communication protocols and identifies any mismatches in encryption standards or radio-frequency assignments. Third, it generates baseline data for key performance indicators - such as the time required to reestablish telemetry links or the latency between map updates and field directives - that will guide improvements in both hardware procurement and operator training.

### **4.3 Full-Scale Exercise (FSX)**

The capstone of the exercise trilogy, the Full-Scale Exercise spans seventy-two consecutive hours and mobilizes over three hundred personnel across multiple geographic zones. Participants include pumping-unit crews, urban search-and-rescue (USAR) teams, explosive-ordnance-disposal squads, mobile decontamination units, medical-triage staff, and volunteer youth groups serving as role-players. Unlike the TTX and CPX, the FSX unfolds in real physical spaces - riverbanks, partially submerged streets, and improvised field hospital sites - where planners have pre-arranged water depth controls, rigged pyrotechnic cues, and pre-seeded UXO replicas.

From the moment of “go,” high-capacity pumps are deployed to pre-nozzled levee segments, with command post screens tracking their flow rates in cubic meters per hour. Pump crews must coordinate hose laying, power-generator hookups, and fuel resupply under simulated after-action interruptions such as generator failures or pump malfunctions. Meanwhile, USAR teams enter partially flooded buildings, employing diver squads and canine units to locate stranded role-players hidden behind debris piles. These rescue operations are choreographed to replicate the time pressure and logistical constraints of true life-safety missions.

In parallel, real-time EOD operations are carried out to neutralize UXOs planted in flood deposits. Drone reconnaissance teams feed live video to remote bomb-disposal experts, who guide field technicians through remote-control robots to render devices safe. When chemical-hazard injects trigger elevated readings on portable monitors, mobile decontamination stations - complete with M9 detection portals and segmented showers - are erected along key ingress routes. Decontamination specialists track patient throughput, ensuring that all contaminated role-players transition from “hot” to “warm” to “cold” zones in strict adherence to safety standards.

A dedicated media cell orchestrates daily press tours, leading embedded journalists through controlled impact zones and presenting them with simulated footage for broadcast. These tours are designed to test public-information officers’ ability to manage optics, answer tough questions on air, and distribute accurate data to national and international outlets.

Throughout the FSX, exercise controllers interject unannounced scenario challenges. GPS spoofing incidents disrupt UAV surveys, compelling teams to revert to manual reconnaissance and map interpretation. Simulated chemical-plume dispersion events force immediate recalculation of evacuation zones and hospital evacuation protocols. Sudden surges in refugee-role-player flows across improvised crossings test the capacity of provisional camps and strain logistical supply chains.

At the conclusion of the seventy-two-hour exercise, participants gather for a preliminary hot-wash, during which initial impressions of response times and coordination efficacy are recorded. Detailed metrics have already been logged in real time - pump throughput, average rescue durations, decontamination-triage turnaround times, and network-uptime percentages. These data, combined with observer notes and participant feedback, feed into the next phase of evaluation and after-action review, ensuring that the FSX delivers not only an immersive test of operational capabilities but also a rich dataset for driving tangible preparedness enhancements.

## 5. Embedded Evaluation and Continuous Learning

Evaluation activities begin as soon as the exercise commences, ensuring that observations and measurements are captured in real time rather than retroactively reconstructed. A dedicated evaluation cell deploys structured observation checklists that map directly to each of the SMART objectives established during scenario design. These checklists guide observers in recording specific behaviors, decision points, and procedural steps, providing a consistent framework for qualitative assessment. In parallel, automated data streams feed into the evaluation database: GPS devices affixed to vehicles and equipment relay movement and deployment times, flow meters at pumping stations report volumes of water processed per hour, and communications systems log uptime and network performance throughout the exercise. To complement these objective metrics, participants complete surveys both before and after the exercise, rating their own clarity of roles, confidence in established protocols, and perceptions of command coherence. By triangulating checklist observations, sensor-derived data, and participant feedback, the evaluation cell builds a comprehensive portrait of strengths, weaknesses, and areas requiring further attention.

Within fourteen days of the exercise's conclusion, all consortium members reconvene for a formal After-Action Review workshop. The session opens with a presentation of quantitative results - key performance indicators such as average pump mobilization time, decontamination throughput rates, communications network uptime percentages, and evacuation processing speeds - paired with thematic findings drawn from the observers' narrative reports. Following this overview, participants break into focused working groups covering logistics, CBRN response, community outreach, and media management. In each group, stakeholders discuss root causes behind both successes and setbacks, using real data and logged observations as the basis for frank dialogue. The workshop then shifts to recommendation drafting: attendees distinguish between "quick wins," such as minor revisions to standard operating procedure templates or adjustments to briefing formats, and longer-term strategic investments, like procuring hardened satellite communication kits or expanding VR training capacity. Finally, the consortium agrees on concrete pathways for integrating these recommendations into national contingency plans and updating UCPM guidelines, assigning responsible parties and timelines to ensure that lessons learned translate into enduring improvements.

## 6. Scaling and Sustained Preparedness

To preserve and disseminate the wealth of insights generated by the exercise, outputs are systematically codified and published across multiple platforms. A comprehensive training curriculum - complete with detailed scenario scripts, evaluation instruments, and interactive VR modules - is uploaded to the UCPM Knowledge Platform, where civil protection practitioners throughout Europe can access and adapt the materials. In parallel, the exercise consortium produces a suite of technical reports for DG ECHO, each report offering a cost-benefit analysis of key interventions and a strategic roadmap for capability enhancement. Finally, high-impact findings and methodological innovations are distilled into articles for peer-reviewed journals, ensuring that the exercise contributes to the broader evidence base on multi-hazard preparedness and informs academic and professional discourse.

The blueprint developed for the tri-border flood scenario serves as a versatile template that can be tailored to other European risk contexts. In the Western Balkans, exercise designers adapt the framework to focus on Natech incidents stemming from aging industrial sites, testing responses to chemical spills and secondary explosions. In Alpine regions prone to sudden snowmelt and avalanches, the scenario integrates high-altitude rescue protocols and avalanche risk modeling, challenging teams to operate in rugged terrain and extreme weather. Urban centers in Southern Europe, grappling with the convergence of wildfires, heatwaves, and flash floods, employ a composite scenario that exercises municipal emergency services, utility operators, and community-based volunteers. Through these adaptations, the core methodology demonstrates its applicability to diverse hazard profiles and institutional environments.

To embed resilience within institutional cultures, national authorities schedule full-scale exercises as standing items in their annual preparedness calendars. Each year features a different thematic emphasis - alternating among CBRN scenarios, cyber-physical threat simulations, and large-scale displacement drills - to ensure that all critical capabilities are exercised over time. This cyclical

approach reinforces institutional memory, mandates regular updates to standard operating procedures, and maintains engagement among stakeholders who might otherwise only convene during emergencies. By committing to this rhythm of rehearsal, Europe's civil protection community transforms exercises from one-off events into continuous improvement processes, steadily strengthening readiness and interoperability across borders and disciplines.

### Conclusion

As Europe confronts an ever-evolving tapestry of intertwined threats – from climate-driven catastrophes and large-scale population displacements to sophisticated hybrid attacks and cascading technological failures – the imperative for a forward-leaning, anticipatory posture has never been greater. Rather than waiting for crises to materialize and then scrambling to deploy resources, civil protection authorities must cultivate the capacity to foresee, simulate, and pre-emptively address complex emergencies. Full-scale exercises conducted under the UCPM framework serve precisely this purpose. By embedding exercises within a continuum of rigorous needs assessments, scenario validation, multi-agency coordination, and real-time evaluation, these drills transform hypothetical plans into battle-hardened capabilities. They allow responders to rehearse high-stakes decision-making, to test equipment interoperability under duress, and to refine communication channels before lives - and critical infrastructure – hang in the balance.

Moreover, the structured governance and evaluation mechanisms that underpin UCPM exercises foster a culture of continuous improvement. Observations from field commanders, data from SMS-backed tracking systems, and feedback from affected communities coalesce into actionable insights that feed directly back into national contingency plans and EU-level policies. This cycle of design, execution, review, and adaptation ensures that lessons learned are not relegated to dusty binders but drive concrete enhancements in training curricula, operational doctrines, and technological investments. As a result, each successive exercise raises the preparedness baseline – strengthening cross-sector partnerships, deepening civil-military cooperation, and expanding networks of trust that are essential when real emergencies strike.

Ultimately, the narrative methodology detailed in this chapter offers more than a blueprint for drills; it charts a pathway toward a genuinely resilient Europe. By institutionalizing multi-hazard full-scale exercises within annual preparedness calendars, integrating virtual-reality and e-learning tools for broad stakeholder engagement, and adapting scenario frameworks to diverse regional contexts – from Alpine flash floods to urban cyber-physical shocks - Europe's civil protection community can outpace the pace of emerging risks. In doing so, practitioners and policymakers will not only safeguard lives and livelihoods but also reinforce the foundational principle of solidarity that underpins the Union Civil Protection Mechanism. Armed with foresight, robust governance, and an unwavering commitment to evaluation, Europe will be poised to anticipate, respond to, and recover from the multifaceted emergencies of the twenty-first century with confidence and cohesion.

### References

1. European Union. (2024, May 1). *Union Civil Protection Mechanism (UCPM) Technical Guide for UCPM full-scale exercises*.
2. Rianna, Guido & Reder, Alfredo & Dimova, Silvia & Polo López, Cristina & Maetens, Willem & Munck af Rosenschöld, Johan & Guglielmo, Ricciardi & Toreti, Andrea. (2024). European Climate Risk Assessment EUCRA Full report (2024) - Chapter 9: Built environment.
3. NATO Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence. (2023). *NATO CCDCOE Training Catalogue*.

### Список використаних джерел

1. European Union. (2024, May 1). *Union Civil Protection Mechanism (UCPM) Technical Guide for UCPM full-scale exercises*.
2. Rianna, Guido & Reder, Alfredo & Dimova, Silvia & Polo López, Cristina & Maetens, Willem & Munck af Rosenschöld, Johan & Guglielmo, Ricciardi & Toreti, Andrea. (2024). European Climate Risk Assessment EUCRA Full report (2024) - Chapter 9: Built environment.
3. NATO Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence. (2023). *NATO CCDCOE Training Catalogue*.

## БІОМЕХАНІЧНІ АСПЕКТИ ОСІБ З МОДУЛЬНИМИ ПРОТЕЗАМИ НИЖНІХ КІНЦІВОК ПРИ ЕВАКУАЦІЇ ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ

**Наталія ЖЕЗЛО-ХЛЕВНА**

викладач кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності  
line.point81@gmail.com, ORCID: 0009-0005-3768-2863

**Олександр ХЛЕВНОЙ**

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
olexandr.khlevnoy@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2846-3480

**Мета дослідження:** метою є аналіз біомеханічних особливостей осіб з модульними протезами нижніх кінцівок та визначення впливу типу протезу на евакуацію для встановлення залежностей між типами ампутацій, характеристиками протезів, швидкістю руху, енерговитратами та ризиками.

**Методи дослідження:** теоретичне дослідження ґрунтується на аналізі наукових джерел із біомеханіки, протезування та евакуаційних процесів, консультаціях із реабілітологами та користувачами модульних протезів. Систематизовано дані про енерговитрати, швидкість, ризики падіння для 9 видів ампутацій, враховуючи вплив задимлення та щільності натовпу.

**Результати:** встановлено, що енерговитрати зростають пропорційно до втрати суглобів, досягаючи +100-120% при двосторонній ампутації стегна. Швидкість руху знижується на 5-70% в залежності від рівня ампутації і типу протезів, а ризики втрати рівноваги, порушення координації та вразливості до поштовхів посилюються на сходах.

**Теоретична цінність дослідження:** робота поглиблює розуміння біомеханічних обмежень осіб із протезами в екстремальних умовах, систематизуючи залежності між типами ампутацій, рухливістю та ризиками, що створює основу для подальших експериментальних досліджень.

**Практична цінність дослідження:** наведені дані можуть бути використані для розробки рекомендацій щодо параметрів зон відпочинку, ліфтів, безпорогових шляхів, поручнів і неслизьких поверхонь, сприяючи інклюзивності та безпечній евакуації. Вони також можуть бути імплементовані в будівельні норми та інші нормативні документи.

**Оригінальність:** дослідження вперше узагальнює біомеханічний вплив типу модульних протезів на процес евакуації для всіх типів ампутацій із модульними протезами в контексті евакуації осіб при пожежі, як підґрунтя розробки рекомендацій до адаптації інфраструктури об'єктів різного призначення.

**Ключові слова:** біомеханіка, евакуація, модульні протези, ампутація нижніх кінцівок, енерговитрати, швидкість руху, інклюзивність, пожежна безпека.

## BIOMECHANICAL ASPECTS OF PERSONS WITH MODULAR PROSTHESES OF THE LOWER LIMBS DURING EVACUATION IN THE EVENT OF A FIRE

**Nataliia ZHEZLO-KHLEVNA**

Lecturer of the Department of Information Technologies and Electronic Communication Systems,  
Lviv State University of Life Safety,  
line.point81@gmail.com, ORCID: 0009-0005-3768-2863

**Oleksandr KHLEVNOI**

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Technologies and Electronic Communication Systems, Lviv State University of Life Safety,  
olexandr.khlevnoy@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2846-3480

**Purpose:** the aim is to analyze the biomechanical characteristics of individuals with modular lower limb prostheses and to determine the impact of prosthesis type on evacuation in order to establish relationships between amputation types, prosthesis characteristics, speed of movement, energy expenditure, and risks.

**Methods:** this theoretical study is based on the analysis of scientific literature on biomechanics, prosthetics, and evacuation processes, as well as consultations with rehabilitation specialists and interviews with users of modular prostheses. Data on energy expenditure, movement speed, and fall risks were systematized for nine types of amputations, considering the impact of smoke and crowd density.

**Results:** energy expenditure increases proportionally to the loss of joints, reaching +100–120% for bilateral amputations. Movement speed decreases by 5–70% depending on the amputation level and prosthesis type, while risks of balance loss, coordination impairment, and vulnerability to impacts intensify on stairs.

**Theoretical Value:** the study enhances understanding of biomechanical limitations for individuals with prostheses in extreme conditions, systematizing relationships between amputation types, mobility, and risks, thus providing a foundation for future experimental research.

**Practical Value:** the findings can be used to develop recommendations for the parameters of rest areas, elevators, threshold-free pathways, handrails, and non-slip surfaces, promoting inclusivity and evacuation safety. These can also be implemented in building codes and other regulatory documents.

**Originality:** the study summarizes for the first time the biomechanical impact of modular prostheses on the evacuation process for all types of amputations with modular prostheses in the context of evacuating people during a fire, as a basis for developing recommendations for adapting the infrastructure of various types of facilities.

**Keywords:** biomechanics, evacuation, modular prostheses, lower limb amputation, energy expenditure, movement speed, inclusivity, fire safety.

## Вступ

Повномасштабна війна в Україні спричинила різке зростання кількості осіб із ампутаціями верхніх та нижніх кінцівок. За оцінками, станом на початок 2025 року приблизно 50-60 тисяч українців втратили кінцівки [1], із них близько 60% – нижні [2]. Частка двосторонніх ампутацій нижніх кінцівок, зумовлених переважно вибуховими травмами, становить 10-15% [3], що відповідає 3000-5000 особам. Варто врахувати, що поки тривають активні бойові дії, кількість осіб, що втратили кінцівку, зростатиме приблизно на 10000 щороку. Ця тенденція підкреслює необхідність адаптації суспільної інфраструктури до потреб осіб із протезами. Одним із напрямків адаптації є створення інклюзивного середовища, що гарантує рівні можливості для порятунку цих осіб при виникненні надзвичайних ситуацій чи пожеж.

Державна відповідальність також ґрунтується на міжнародних і національних зобов'язаннях щодо захисту прав осіб з інвалідністю. Низка міжнародних та національних норм [4] вимагають забезпечення доступності та безпеки для всіх громадян. Однак сучасні будівельні норми недостатньо враховують потреби осіб із протезами, особливо в умовах надзвичайних ситуацій. Вирішення цього завдання має стратегічне значення для національної безпеки та громадської стабільності.

**Постановка проблеми.** Евакуація при пожежі є складним процесом, що вимагає швидкості, координації та фізичної витривалості. Для осіб із протезами нижніх кінцівок цей процес ускладнений біомеханічними обмеженнями: зниженням швидкості руху, зростанням енерговитрат та ризику втрати рівноваги. Сучасні нормативні документи [5, 6] недостатньо враховують ці особливості, що створює прогалини в забезпеченні безпеки евакуації для цієї групи. Так, наприклад, згідно [5] особи з протезами нижніх кінцівок віднесені до групи мобільності M2 і прирівняні до учасників евакуації похилого віку, з вадами зору тощо. При цьому встановлене значення розрахункової швидкості руху таких осіб (30 м/хв.) ігнорує

біомеханічні та індивідуальні відмінності, зумовлені рівнем ампутації, типом протеза та умовами евакуації.

Як бачимо, відсутність систематизованих досліджень біомеханічних аспектів руху осіб з протезами нижніх кінцівок ускладнює розробку ефективних евакуаційних стратегій. Відтак, аналіз біомеханічних особливостей осіб з модульними протезами нижніх кінцівок під час евакуації дасть змогу виявити ключові обмеження та запропонувати практичні рішення для адаптації евакуаційних шляхів і виходів. Вивчення біомеханічних обмежень, таких як зниження швидкості руху, підвищення енерговитрати та ризик втрати рівноваги, є необхідним для удосконалення нормативної бази в частині адаптації евакуаційних шляхів і виходів.

Варто зазначити, що сучасні інформаційні технології, зокрема машинне навчання, відкривають нові можливості для полегшення досліджень біомеханічних аспектів евакуації осіб із модульними протезами нижніх кінцівок. Алгоритми машинного навчання дозволяють обробляти великі масиви даних про енерговитрати, швидкість руху і ризики падіння, виявляючи приховані залежності між типами ампутацій, характеристиками протезів і умовами евакуації [7]. Такі технології дають змогу моделювати сценарії евакуації, прогнозувати поведінку осіб із протезами на сходах чи пандусах і оптимізувати параметри інфраструктури. Інтеграція машинного навчання в дослідження сприяє розробці персоналізованих рекомендацій і підвищенню точності прогнозів, що є важливим для створення інклюзивних евакуаційних протоколів. Використання цих технологій може значно прискорити аналіз даних і забезпечити перехід від теоретичних узагальнень до експериментальних перевірок.

**Метою дослідження** є аналіз біомеханічних особливостей осіб з модульними протезами нижніх кінцівок та визначення впливу типу протезу на евакуацію для встановлення залежностей між типами ампутацій, характеристиками протезів, швидкістю руху, енерговитратами та ризиками.

**Методологія дослідження.** Дослідження базується на якісному та кількісному аналізі даних, отриманих шляхом систематизації наукових джерел, консультацій із реабілітологами та особами, які використовують двосторонні модульні протези нижніх кінцівок. Наукові джерела включають статті, монографії та стандарти, що стосуються біомеханіки руху, протезування та евакуаційних процесів [8-12].

**Результати.** Розглянемо найбільш поширені варіанти ампутацій нижніх кінцівок, види та конструктивні особливості протезів, проаналізуємо тривалість реабілітації та потенційну втрату швидкості руху, що є важливим показником під час евакуації.

**1. Ампутація стопи.** Існує більше 12 основних рівнів ампутації стопи, які варіюються від видалення пальця ноги до ампутації в ділянці плюсни або повної резекції плюсни [13]. Для створення протезів можуть застосовуватись комплектуючі з силікону. У випадках ампутації на рівні стопи протез і взуття слід розглядати як єдиний функціональний елемент. Прогноз тривалості реабілітації та зміни швидкості руху під час евакуації для найбільш поширених випадків ампутації стопи наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Прогноз тривалості реабілітації та мобільності після протезування стопи

| № | Вид ампутації   | Тривалість реабілітації | Можливий тип протезу   | Вплив на швидкість руху  |
|---|---|-------------------------|--|--|
| 1 | Ампутація пальця ноги:                                  | 2-4 тижні               | Силіконові накладки, які заповнюють відсутню ділянку для підтримки балансу та зменшення навантаження на сусідні пальці                     | Мінімальний, швидкість ходьби залишається практично незмінною.                                 |
| 2 | Ампутація частини стопи (плюсневої або тарзальної зони) | 1-3 місяці              | Часткові стопові протези з силіконовими компонентами, що імітують відсутню частину стопи, або модифіковані ортопедичні устілки.            | Зниження на 5-10% через зміни у балансі та перенесенні ваги.                                   |
| 3 | Повна ампутація плюсни                                  | 3-6 місяців             | Протез стопи, що інтегрується зі спеціальним взуттям. Може включати модульні конструкції для регулювання висоти та розподілу навантаження. | Зниження до 10%. Можуть виникнути труднощі з довготривалим ходінням через обмеження у балансі. |

Загалом, після ампутацій на рівні стопи людина зазвичай здатна повернутися до майже нормальної ходьби, але зниження швидкості та витривалості можуть бути відчутними, особливо при тривалому русі чи на нерівній поверхні. Для випадків евакуації з будівлі при пожежі, відстань, яку необхідно подолати до безпечної зони є досить незначною, а небезпека для життя є істотним психологічним фактором мотивації, який дозволить підтримувати швидкість руху на рівні з іншими учасниками.

**2. Ампутація гомілки.** Цей вид ампутації передбачає поділ великої та малої гомілкових кісток і супроводжується утворенням культі з недостатньою м'язовою масою [14]. Через обпил кісток і обмежену здатність витримувати навантаження на дистальний відділ культі рекомендовано використання контактної приймальної гільзи, яка охоплює виростки і має пом'якшений вкладиш зі спінених матеріалів. Для підвищення комфорту та надійності фіксації культі в протезі часто застосовують силіконові або поліуретанові лайнери, іноді з дистальною фіксацією чохла.

Прогноз тривалості реабілітації та зміни швидкості руху під час евакуації для різних видів протезів наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Прогноз тривалості реабілітації та мобільності після протезування гомілки

| № | Вид протезу   | Особливості будови   | Тривалість реабілітації  | Вплив на швидкість руху   |
|---|---|--|--|---|
| 1 | Модульні протези гомілки зі стандартною приймальною гільзою | Протези, адаптовані для повсякденного використання. Оснащені штучною стопою, яка імітує базові функції   | 6-9 місяців (основний час витрачається на адаптацію до культеприймача та навчання ходьбі)                    | Зниження на 15-20% у порівнянні зі здоровими людьми. Відновлення до прийняттого рівня для звичайної ходьби, але з обмеженнями на тривалі дистанції. |
| 2 | Протези з легкими лайнерами                                 | Протези з поліуретановими чи силіконовими лайнерами для підвищення комфорту носіння, розраховані на повсякденну активність                         | 5-9 місяців (легкість і зручність конструкції сприяють швидкій адаптації користувача)                        | Зниження на 10-20% (такі протези підходять для тривалої ходьби)   |
| 3 | Протези з амортизаторами                                    | Протези з додатковими амортизаційними елементами для поглинання ударів під час руху, що підвищує комфорт і знижує навантаження на культу           | 7-10 місяців (потребують часу на адаптацію через специфіку конструкції)                                      | Зниження на 10-15%. Протези ефективні для ходьби по нерівних поверхнях.   |
| 4 | Біонічні протези  | Протези, оснащені мікропроцесорними компонентами, які автоматично адаптуються до поверхні, нахилу та швидкості руху                                | 6-12 місяців (біонічні функції потребують індивідуального підходу для управління протезом у складних умовах) | Зниження на 5-10% у звичайних умовах, завдяки адаптації протеза користувач може ефективно пересуватися навіть на складних поверхнях                 |
| 5 | Спортивні протези   | Протези зі спеціалізованими конструкціями (наприклад, карбоновими "біговими лезами"), розроблені для занять спортом і активної фізичної діяльності | 9-12 місяців (потребують додаткового часу для тренувань із використанням спортивних насадок)                 | У певних випадках швидкість може бути навіть вищою, ніж у здорових людей, завдяки легкості конструкції та специфічному дизайну (до +10% для бігу)   |

У порівнянні з ампутацією стопи ампутація гомілки впливає на більший обсяг м'язової та кісткової структури, залученої до ходьби, що ускладнює процес адаптації. Навіть із сучасними протезами користувачі з ампутацією гомілки потребують більше часу для відновлення та мають більші втрати у швидкості руху. Реабілітація та швидкість руху під час

евакуації залежать від типу протезу гомілки, рівня підготовки користувача та специфіки активності. Найбільш універсальними є модульні протези, тоді як спортивні й біонічні забезпечують вищу мобільність, але потребують додаткових зусиль на адаптацію.

При евакуації з будівлі під час пожежі люди з ампутацією гомілки, зазвичай, здатні підтримувати швидкість руху, близьку до інших учасників, особливо за наявності адреналінового фактора мотивації. Вони можуть впоратися з короткими дистанціями до безпечної зони, хоча їх витривалість може бути меншою під час тривалого пересування.

**3. Ампутація стегна.** Ампутація стегна, також відома як трансфеморальна ампутація, є хірургічним втручанням, під час якого видаляється нижня кінцівка вище рівня колінного суглоба. Така процедура зазвичай виконується внаслідок тяжких травм, онкологічних захворювань, інфекцій, судинних патологій або некротичних процесів.

Цей тип ампутації передбачає значні анатомічні зміни. Проксимальна частина стегнової кістки залишається, а культя набуває конусоподібної форми, яка зазвичай не має достатньої опороспроможності на дистальному кінці. Це створює потребу в спеціальних протезах для забезпечення стабільності та функціональності.

Функціональні наслідки ампутації стегна включають втрату природної функції колінного суглоба, що значно впливає на баланс, рухливість та витривалість людини. Внаслідок цього ходьба з протезом стає значно енерговитратнішою, ніж у людей без ампутацій, збільшуючи споживання енергії на 50-70%. Тому під час евакуації необхідно враховувати, що динаміка руху таких людей має тенденцію до зниження швидкості з часом.

Реабілітація після ампутації стегна тривала через складність адаптації до нового типу рухів. Людині потрібно освоїти використання протеза, який компенсує функцію колінного суглоба. Це включає навчання балансуванню, ходьбі та використанню шарнірних або біонічних механізмів, що значно впливає на кінцеву функціональність і комфорт.

Прогноз тривалості реабілітації та зміни швидкості руху під час евакуації для різних видів протезів наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Прогноз тривалості реабілітації та мобільності після протезування стегна

| № | Вид протезу   | Особливості будови   | Тривалість реабілітації | Вплив на швидкість руху                   |
|---|---|--|-------------------------|---|
| 1 | Модульний протез з одновісним шарніром                          | Простий протез із шкіряною гільзою, фіксація за допомогою ременів. Шарнірний колінний вузол із можливістю згинання, базова функціональність. | 9-12 місяців            | 25-35%                                    |
| 2 | Модульний протез з одновісним шарніром і силіконовими лайнерами | Протези з поліуретановими чи силіконовими лайнерами для підвищення комфорту носіння. Шарнірний колінний вузол із можливістю згинання.        | 6-12 місяців            | 20-30%                                    |
| 3 | Модульний протез із 4-ланковим вузлом                           | Складна система з кількома шарнірами для більш природного руху. Оснащений амортизаційними елементами для зменшення ударних навантажень.      | 9-15 місяців            | 20-25%                                    |
| 4 | Біонічний протез із мікропроцесором                             | Оснащений електронним управлінням, адаптується до різних поверхонь і темпу руху.   | 12-15 місяців           | 15-20%                                    |
| 5 | Спортивний протез   | Легка карбонова конструкція для бігу, стрибків і фізичної активності.  | 9-12 місяців            | 10-15% (можливе прискорення під час бігу) |

У порівнянні з попередніми видами ампутацій для осіб із ампутацією стегна ситуація складніша. Через більшу енерговитратність рухів і складність у підтриманні рівноваги вони часто пересуваються повільніше, ніж учасники без ампутацій або з ампутаціями стопи чи гомілки. Однак у критичних умовах евакуації психологічний фактор мотивації може дозволити їм мобілізувати зусилля, щоб подолати коротку дистанцію до безпечної зони. Їхня

швидкість буде залежати від особливостей евакуаційного шляху, типу протеза, рівня реабілітації та фізичної підготовки.

Окрему увагу слід звернути на такі види ампутацій, як **вичленення суглобів** (або дизартрикуляція). Це хірургічне втручання, при якому ампутація кінцівки здійснюється в зоні суглобового з'єднання без порушення цілісності довгих трубчастих кісток. У процесі операції видаляється дистальна частина кінцівки разом із суглобом, але зберігаються природні контури проксимального сегмента. Вичленення суглобів є доцільним і часто оптимальним методом у випадках тяжких поранень, отриманих під час бойових дій. Вони забезпечують мінімальну травматизацію та створюють умови для більш ефективного протезування і реабілітації. Доцільно розглянути можливості протезування, реабілітації та особливості зміни рухової активності при 3 видах вичленення: у гомілкостопному, колінному та тазостегновому суглобах.

**4. Вичленення в гомілкостопному суглобі.** Вичленення в гомілкостопному суглобі передбачає відділення стопи в місці з'єднання великої та малої гомілкових кісток із таранною кісткою без порушення цілісності гомілкових кісток. У результаті ампутації зберігається природна довжина гомілки, що створює сприятливі умови для використання протеза. Культя залишається доволі міцною, зі збереженням природної опорної здатності. Завдяки наявності рівної поверхні на рівні виростків гомілкових кісток, формування культи дозволяє легко розподілити навантаження на дистальний відділ.

Результати аналізу можливості використання різних видів протезів, а також прогноз тривалості реабілітації та зміни швидкості руху під час евакуації наведено в таблиці 4.

Як і у випадку з ампутацією частин стопи її вичленення має незначний вплив на швидкість руху під час евакуації, оскільки зберігається частина гомілкових кісток, що дозволяє використовувати простіші протези. Швидкість руху може знижуватися на 10-20% через втрату амортизаційних і стабілізаційних функцій стопи, особливо на нерівних поверхнях. Однак на коротких дистанціях у критичних умовах, завдяки психологічній мотивації, користувачі часто можуть підтримувати темп, близький до інших учасників евакуації.

**Таблиця 4**

Прогноз тривалості реабілітації та мобільності після вичленення в гомілкостопному суглобі

| № | Вид протезу  | Особливості будови  | Тривалість реабілітації | Зменшення швидкості руху                   |
|---|--|---|-------------------------|--|
| 1 | Протез з армованою гільзою                             | Гільза з шаруватого пластику, штучна стопа з дерев'яною щиколоткою, з'єднання за допомогою клею.                | 4-6 місяців             | 15-20%                                     |
| 2 | Протез зі шкіряною гільзою                             | Гільза зі шкіри, штучна стопа із жорстким носком, елементи кріплення – шнурівка.                                | 3-5 місяців             | 10-20%                                     |
| 3 | Протез із силіконовими лайнерами                       | Вкладні чохла зі спіненого матеріалу або силікону для комфорту, розподілу навантаження та зменшення тертя.      | 3-5 місяців             | 10-15%                                     |
| 4 | Протез із силіконовими лайнерами і регульованою стопою | Складний протез із можливістю регулювання висоти та кута нахилу стопи, легкий алюмінієвий або титановий каркас. | 6-9 місяців             | 5-10%                                      |
| 5 | Біонічний протез із мікропроцесорною стопою            | Оснащений електронними сенсорами для автоматичної адаптації до поверхні та зниження навантаження.               | 6-12 місяців            | 0-5%                                       |
| 6 | Спортивний протез                                      | Легкий протез із карбоновою стопою-лезом, спеціально розроблений для бігу, стрибків та активних занять спортом. | 9-12 місяців            | 0-5%<br>(можливе прискорення під час бігу) |

**5. Вичленення в колінному суглобі.** При вичлененні в колінному суглобі видаляється нижня частина ноги, тоді як стегнова кістка залишається цілою. У результаті ампутації культя набуває грушоподібної форми завдяки виросткам стегнової кістки. Для забезпечення

комфорту вкладний чохол зі спіненого поліетилену повинен щільно прилягати до культі, а додаткові накладки допомагають згладити перехід від надвиросткової частини до виростків. Це спрощує процес надягання протеза. Завдяки високій опороспроможності культі немає необхідності в розвантаженні на сідничну кістку.

Прогноз тривалості реабілітації та зміни швидкості руху під час евакуації для різних видів протезів цього ступеню ампутації наведено в таблиці 5.

Таблиця 5

Прогноз тривалості реабілітації та мобільності після вичленення в колінному суглобі

| № | Вид протезу                             | Особливості будови   | Тривалість реабілітації | Зменшення швидкості руху |
|---|---|--|-------------------------|--------------------------|
| 1 | Модульний протез із одновісним шарніром | Простий механічний шарнір, що забезпечує згинання коліна.                          | 9-12 місяців            | 25-30%                   |
| 2 | Протез із 4-ланковим вузлом             | Складна конструкція з кількома шарнірами для імітації природного руху.             | 9-15 місяців            | 20-25%                   |
| 3 | Біонічний протез із мікропроцесором     | Оснащений сенсорами для адаптації рухів до умов поверхні та темпу ходьби.          | 12-15 місяців           | 15-20%                   |
| 4 | Спортивний протез                       | Карбонова стопа та шарнірний вузол, легка конструкція для активного способу життя. | 9-12 місяців            | 10-15%                   |

Вичленення в колінному суглобі та ампутація стегна різняться за впливом на швидкість руху після протезування. При вичлененні в колінному суглобі зберігається стегнова кістка, що забезпечує кращу опороспроможність культі й можливість використання більш функціональних протезів, таких як з 4-ланковим вузлом чи біонічні моделі, що дозволяє підтримувати швидкість руху на рівні 60-80% від звичної. Натомість ампутація стегна включає втрату частини стегнової кістки, що знижує стабільність культі й потребує складніших протезів із шарнірними або біонічними вузлами. Через більшу енерговитратність ходьби швидкість руху після ампутації стегна зазвичай знижується до 50-70%, залежно від типу протеза та фізичної підготовки користувача.

**6. Вичленення в тазостегновому суглобі.** При вичлененні в тазостегновому суглобі видаляється вся нижня кінцівка, включаючи стегнову кістку, а таз залишається непошкодженим. Культя формується за рахунок м'яких тканин і кісткових структур тазу, які забезпечують основу для кріплення протеза. Через відсутність опори на дистальному кінці культі, необхідно використовувати корсетні гільзи, що охоплюють тазову область для рівномірного розподілу навантаження. Конструкція таких гільз включає жорсткий зовнішній каркас і м'які внутрішні елементи для комфорту користувача [15].

Прогноз тривалості реабілітації та зміни швидкості руху під час евакуації для різних видів протезів цього ступеню ампутації наведено в таблиці 6.

Таблиця 6

Прогноз тривалості реабілітації та мобільності після вичленення в тазостегновому суглобі

| № | Вид протезу                               | Особливості будови   | Тривалість реабілітації | Зменшення швидкості руху |
|---|---|--|-------------------------|--------------------------|
| 1 | Протез із корсетом                        | Жорсткий корсет із поясим кріпленням для стабільності, компенсує функцію тазостегнового суглоба. | 12-18 місяців           | 35-50%                   |
| 2 | Модульний протез із багатовісним шарніром | Складна шарнірна система для компенсації рухів тазостегнового і колінного суглобів.              | 15-18 місяців           | 30-40%                   |
| 3 | Біонічний протез                          | Оснащений мікропроцесорами та сенсорами для регулювання кроку і стабільності.                    | 18-24 місяці            | 25-35%                   |

Протези для цього рівня ампутації зазвичай оснащуються багатокомпонентними шарнірами для компенсації рухів тазостегнового та колінного суглобів. Завдяки правильному

підбору протеза користувач може досягти відносно стабільної мобільності, хоча швидкість і витривалість значно знижуються через підвищену енерговитратність.

При ампутації стегна та вичлененні тазостегнового суглобу порівняно з іншими рівнями ампутації надзвичайно важким завданням стає **рух сходами**. Під час евакуації при пожежі потреба рухатися сходами ускладнюється високою щільністю людей. Користувачі з механічними протезами змушені спиратися на здорову ногу і піднімати протез на кожен сходинку, що значно знижує швидкість руху (на 50-70%) та є фізично виснажливим, особливо на великих відстанях. Біонічні протези можуть частково відтворювати природний рух, знижуючи енерговитрати і підвищуючи швидкість пересування. У цьому випадку втрати швидкості можуть бути менш суттєвими – до 40-60%, але рух також потребує значних зусиль. В обох випадках рух сходами вниз є складнішим, ніж рух вгору через потребу у точному балансуванні і плавному згинанні шарнірів протеза, що збільшує час пересування.

**7. Двостороння ампутація гомілки.** Двостороння ампутація гомілки передбачає видалення обох кінцівок нижче колінного суглоба, що значно ускладнює біомеханіку ходьби через втрату гомілкоstopних суглобів і частини м'язової маси. Культі формуються з великої та малої гомілкових кісток, що мають обмежену опорну здатність, але зберігають колінні суглоби, дозволяючи використовувати модульні або біонічні протези з контактними гільзами. Для забезпечення комфорту застосовуються силіконові чи поліуретанові елайнери, які зменшують тиск на культю, а також амортизаційні елементи для зниження ударних навантажень. Енерговитрати при ходьбі зростають на 40-60% порівняно зі здоровими особами, що суттєво впливає на швидкість і витривалість під час евакуації [16].

Реабілітація після двосторонньої ампутації гомілки є тривалою, оскільки вимагає адаптації до симетричного використання протезів і відновлення координації. Навчання ходьби ускладнюється через потребу синхронізації рухів і підтримання балансу, особливо на нерівних поверхнях чи сходах. Психологічний фактор мотивації під час евакуації при пожежі може частково компенсувати втрати швидкості на коротких дистанціях, але витривалість знижується через високу енерговитрату, що обмежує ефективність під час необхідності евакуації на відстані понад 100 м.

Прогноз тривалості реабілітації та зміни швидкості руху під час евакуації для різних видів протезів наведено в таблиці 7.

Двостороння ампутація гомілки порівняно з односторонньою значно ускладнює евакуацію через подвоєну втрату гомілкоstopних суглобів і вищі енерговитрати. На горизонтальних ділянках швидкість становить 0,5-1 м/с, а на сходах знижується до 0,2-0,3 м/с.

**Таблиця 7**

Прогноз тривалості реабілітації та мобільності після двобічної ампутації гомілки

| № | Вид протезу                               | Тривалість реабілітації | Зменшення швидкості руху (%) |
|---|---|-------------------------|------------------------------|
| 1 | Модульні протези зі стандартними гільзами | 9-12 місяців            | 30-50%                       |
| 2 | Протези з силіконовими лайнерами          | 8-11 місяців            | 25-45%                       |
| 3 | Протези з амортизаторами                  | 10-14 місяців           | 20-40%                       |
| 4 | Біонічні протези                          | 10-14 місяців           | 15-30%                       |

**8. Двостороння ампутація стегна.** Двостороння ампутація стегна (трансфеморальна) передбачає видалення обох кінцівок вище колінного суглоба, що спричиняє втрату природної функції колін і значно ускладнює біомеханіку руху. Культі формуються з проксимальної частини стегнових кісток, мають конусоподібну форму та низьку опороспроможність, що вимагає використання складних протезів із шарнірними або біонічними колінними вузлами. Енерговитрати при ходьбі зростають на 100-120%, що критично знижує швидкість і витривалість під час евакуації. Для фіксації протезів застосовуються силіконові лайнери та реміні, а для комфорту – амортизаційні елементи.

Реабілітація є тривалою через складність адаптації до відсутності колінних суглобів і необхідність синхронізації рухів обох протезів. Навчання балансуванню та ходьбі вимагає

значних зусиль, особливо на сходах, де потрібна додаткова підтримка (поручні, супровід). У критичних умовах евакуації психологічна мотивація може допомогти подолати короткі дистанції, але на довгих шляхах (>50 м) швидкість різко падає через втому (за 1-1,5 хв) [17].

Прогноз тривалості реабілітації та зміни швидкості руху під час евакуації для різних видів протезів наведено в таблиці 8.

Таблиця 8

Прогноз тривалості реабілітації та мобільності після двобічної ампутації стегна

| № | Вид протезу                                | Тривалість реабілітації | Зменшення швидкості руху (%) |
|---|--|-------------------------|------------------------------|
| 1 | Модульні протези з одновісними шарнірами   | 12-18 місяців           | 50-65%                       |
| 2 | Модульні протези із силіконовими лайнерами | 10-15 місяців           | 45-60%                       |
| 3 | Модульні протези із 4-ланковим вузлом      | 12-18 місяців           | 40-55%                       |
| 4 | Біонічні протези із мікропроцесором        | 15-24 місяці            | 30-45%                       |

Двостороння ампутація стегна є однією з найскладніших для евакуації через високу енерговитрату та втрату колінних суглобів. На горизонтальних ділянках швидкість становить 0,3-0,7 м/с, а на сходах – 0,1-0,2 м/с. Рух сходами критично ускладнюється ризиком падінь.

**9. Змішана двостороння ампутація (гомілка + стегно).** Змішана двостороння ампутація, коли одна кінцівка ампутувана на рівні гомілки, а інша – на рівні стегна, створює унікальні біомеханічні виклики через асиметрію рухів. Транстібіальна культя зберігає колінний суглоб, тоді як трансфеморальна втрачає його, що ускладнює синхронізацію та баланс. Енерговитрати зростають на 70-100%, оскільки асиметрія вимагає додаткових зусиль для компенсації різниці в функціональності протезів. Використовуються комбінації модульних або біонічних протезів із силіконовими лайнерами та амортизаційними елементами для забезпечення стабільності.

Реабілітація ускладнена через необхідність адаптації до двох різних типів протезів, що потребує тривалого навчання координації та балансування. Під час евакуації асиметрія призводить до нерівномірного розподілу навантаження, особливо на сходах.

Прогноз тривалості реабілітації та зміни швидкості руху під час евакуації для різних видів протезів наведено в таблиці 9.

Таблиця 9

Прогноз тривалості реабілітації та мобільності після змішаної двосторонньої ампутації (гомілка + стегно)

| № | Вид протезу                         | Тривалість реабілітації | Зменшення швидкості руху (%) |
|---|-------------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 1 | Модульні протези (гомілка + стегно) | 12-18 місяців           | 40-60%                       |
| 2 | Протези з силіконовими лайнерами    | 10-15 місяців           | 35-55%                       |
| 3 | Протези з амортизаторами            | 12-18 місяців           | 30-50%                       |
| 4 | Біонічні протези                    | 15-24 місяці            | 20-40%                       |

Змішана ампутація спричиняє асиметричну ходу, що знижує швидкість до 0,4-0,8 м/с на горизонтальних ділянках та 0,1-0,3 м/с на сходах. Ризик падінь зростає через нерівномірне навантаження, а біонічні протези частково компенсують асиметрію.

**Аналіз енерговитрат при різних видах ампутацій.** Збільшення енерговитрат є одним із ключових біомеханічних обмежень для осіб із модульними протезами нижніх кінцівок під час евакуації при пожежі, оскільки воно безпосередньо впливає на швидкість руху і витривалість. Для оцінки цього параметра проведено узагальнення енерговитрат при дев'яти видах ампутацій, включаючи односторонні та двосторонні випадки. Результати представлено в таблиці 10, яка відображає приблизне збільшення енерговитрат порівняно із особами без ампутацій (базова енерговитрата = 100%).

Таблиця 10

Приблизне збільшення енерговитрат при різних видах ампутацій нижніх кінцівок із модульними протезами

| № | Вид ампутації                                    | Приблизне збільшення енерговитрат (%) |
|---|--|---------------------------------------|
| 1 | Одностороння ампутація стопи                     | +10-20%                               |
| 2 | Одностороння ампутація гомілки                   | +40-60%                               |
| 3 | Одностороння ампутація стегна                    | +50-70%                               |
| 4 | Вичленення в гомілковостопному суглобі           | +15-25%                               |
| 5 | Вичленення в колінному суглобі                   | +40-60%                               |
| 6 | Вичленення в тазостегновому суглобі              | +70-90%                               |
| 7 | Двостороння ампутація гомілки                    | +60-80%                               |
| 8 | Двостороння ампутація стегна                     | +100-120%                             |
| 9 | Змішана двостороння ампутація (гомілка + стегно) | +70-100%                              |

**Ризики біомеханічних обмежень під час евакуації осіб із модульними протезами.** Окрім зниження швидкості і витривалості, евакуація при пожежі для осіб із модульними протезами нижніх кінцівок супроводжується значними біомеханічними ризиками, зокрема втратою рівноваги, порушенням координації та вразливістю до поштовхів, які ускладнюють швидке й безпечне пересування. Ці ризики зумовлені втратою природної функціональності кінцівок, обмеженнями модульних протезів і екстремальними умовами, такими як задимлення, натовп чи нерівні поверхні. Для осіб із односторонньою ампутацією стопи ризик втрати рівноваги є мінімальним, оскільки збереження колінного та тазостегнового суглобів забезпечує відносну стабільність, хоча незначна асиметрія ходи все ж підвищує ймовірність падінь на нерівних поверхнях. При ампутації гомілки чи вичлененні в гомілковостопному суглобі втрата гомілковостопного суглоба ускладнює балансування, особливо на сходах, де затримки можуть зростати через потребу в точному позиціонуванні протеза. Одностороння ампутація стегна або вичленення в колінному суглобі ще більше погіршують ситуацію, оскільки втрата колінного суглоба вимагає значної компенсації здоровою ногою, що підвищує ризик падінь, особливо в задимленні, яке знижує видимість. Найвищий ризик втрати рівноваги спостерігається при вичлененні в тазостегновому суглобі або двосторонніх ампутаціях, зокрема стегна чи змішаній (гомілка+стегно), де подвоєна втрата суглобів або асиметрія ходи роблять стабільність критичною проблемою, особливо на вологих поверхнях із низьким коефіцієнтом тертя.

Порушення координації рухів є ще одним суттєвим ризиком, оскільки модульні протези обмежують пропріоцептивний зворотний зв'язок, необхідний для плавної ходи. При односторонній ампутації стопи чи вичлененні в гомілковостопному суглобі координація порушена мінімально, оскільки збережені суглоби дозволяють відносно природні рухи, хоча нерівномірне навантаження може спричинити затримки в натовпі. Ампутація гомілки чи вичленення в колінному суглобі ускладнюють синхронізацію рухів через необхідність компенсувати втрату гомілковостопного чи колінного суглоба, що особливо помітно у вузьких проходах. Одностороння ампутація стегна та вичленення в тазостегновому суглобі значно погіршують координацію, оскільки шарнірні вузли протезів не повністю імітують природну біомеханіку, а здорова нога перевантажується. Двосторонні ампутації, особливо стегна чи змішана, створюють найбільші труднощі, оскільки синхронізація двох протезів або асиметричні рухи вимагають значних зусиль, що ускладнює орієнтацію в умовах паніки чи задимлення, де затримки можуть зростати через хаотичні рухи натовпу [18].

Вразливість до поштовхів становить додаткову загрозу, оскільки модульні протези мають обмежену здатність поглинати зовнішні впливи, а культі часто не витримують різких навантажень. Для осіб із односторонньою ампутацією стопи чи вичлененням у гомілковостопному суглобі цей ризик є найнижчим, оскільки міцна основа культі забезпечує відносну стійкість, хоча незначні поштовхи в натовпі можуть порушити баланс. Ампутація гомілки чи вичленення в колінному суглобі підвищують вразливість через слабшу опорну здатність культі та залежність від стандартних гільз, які погано амортизують удари.

Одностороння ампутація стегна та вичленення в тазостегновому суглобі ще більше ускладнюють ситуацію, оскільки корсетні конструкції чи одновісні шарніри не забезпечують достатньої стабільності при зовнішніх впливах. Двосторонні ампутації, особливо стегна чи змішана, є найбільш уразливими, оскільки подвоєна втрата суглобів і асиметрія ходи роблять навіть незначні поштовхи небезпечними, що може призвести до падінь у щільних потоках людей чи вузьких проходах.

Ці ризики суттєво впливають на безпеку евакуації, подовжуючи час пересування, особливо на сходах, де затримки можуть зростати через труднощі з балансуванням і координацією. Зовнішні умови, такі як задимлення, що знижує видимість, або вологі поверхні, які зменшують зчеплення, додатково посилюють загрози. Для зниження ризиків необхідна адаптація евакуаційних шляхів, зокрема забезпечення широких проходів, неслизьких поверхонь і поручнів, а також навчання персоналу для підтримки осіб із модульними протезами в екстремальних ситуаціях.

### Висновки

Це теоретичне дослідження систематизує біомеханічні особливості осіб з модульними протезами нижніх кінцівок під час евакуації, охоплюючи односторонні (стопа, гомілка, стегно, вичленення в гомілковостопному, колінному, тазостегновому суглобах) і двосторонні (гомілка, стегно, змішана гомілка+стегно) ампутації. На основі даних із наукових джерел та консультацій із експертами з протезування та користувачами протезів проаналізовано зростання енерговитрат (на 10-120% порівняно із особами без ампутацій), швидкість руху (в залежності від рівня ампутації та виду евакуаційного шляху може зменшуватися на 5-70%), а також ризики втрати рівноваги, порушення координації та вразливості до поштовхів, які посилюються в екстремальних умовах. Найбільш уразливими є особи з двосторонньою ампутацією стегна, де енерговитрати досягають +100-120%, а ризик падінь на сходах зростає до 70-90%.

Логічним продовженням цієї роботи стануть експериментальні дослідження, які дадуть змогу перевірити точність отриманих результатів, запропонувати рішення щодо нормування правил пожежної безпеки до евакуаційних шляхів і виходів та адаптації параметрів інфраструктури для потреб осіб із модульними протезами нижніх кінцівок.

### Список використаних джерел

1. Черги для військових на протезування сьогодні немає. Як працює система допомоги тим, хто втратив кінцівки. Glavcom. URL: <https://glavcom.ua/interviews/cherhi-dlja-vijskovikh-na-protezuвання-nehodni-nemaje-jak-pratsjuje-sistema-dopomohi-tim-khto-vtrativ-kintsivki-1010816.html> (дата звернення: 15.03.2025).
2. Цема Є., Хоменко І., Беспаленко А., Бур'янов А., Мішалов В., Кіх А. Клініко-статистичне дослідження рівня ампутації кінцівки у поранених // Клінічна хірургія. 2017. № 10. С. 51. DOI: 10.26779/2522-1396.2017.10.51.
3. Суполова К., Баркасі Д. Значення реабілітації у пацієнтів з двосторонньою трансфеморальною ампутацією // Україна. Здоров'я нації. 2022. № 3. С. 93–96. DOI: <https://doi.org/10.24144/2077-6594.3.1.2022.266038>
4. European Convention for the Protection of Human Rights and Fundamental Freedoms, Council of Europe, November 4, 1950, [https://www.echr.coe.int/documents/convention\\_eng.pdf](https://www.echr.coe.int/documents/convention_eng.pdf)
5. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2018. 163 с.
6. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. [Чинний від 2019-04-01]. Вид. офіц. Київ, 2017. 70 с.
7. Khlevnoi, O., Burak, N., Borzov, Y., Raita, D. Neural Network Analysis of Evacuation Flows According to Video Surveillance Cameras. In: Babichev, S., Lytvynenko, V. (eds) Lecture Notes in Data Engineering, Computational Intelligence, and Decision Making. ISDMCI 2022, vol 149. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-16203-9\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-031-16203-9_35).

8. Chen, L., Feng, Y., Chen, B. *et al.* Improving postural stability among people with lower-limb amputations by tactile sensory substitution. *J NeuroEngineering Rehabil* **18**, 159 (2021). <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00952-x>
9. Hofstad C, Linde H, Limbeek J, Postema K. Prescription of prosthetic ankle-foot mechanisms after lower limb amputation. *Cochrane Database Syst Rev.* 2004;2004(1):CD003978. doi: 10.1002/14651858.CD003978.pub2.
10. Kuligowski, Erica. (2020). Evacuation decision-making and behavior in wildfires: Past research, current challenges and a future research agenda. *Fire Safety Journal.* 120. 103129. [10.1016/j.firesaf.2020.103129](https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2020.103129).
11. Хлевной О. В., Харишин Д. В., Назаровець О. Б. Проблемні питання розрахунку часу евакуації при пожежах у закладах дошкільної та середньої освіти з інклюзивними групами // Пожежна безпека. 2020. № 29. С. 72–76. DOI: 10.32447/20784643.26.2022.05.
12. Fiedler, Goeran & Akins, Jonathan & Cooper, Rosemarie & Munoz, Santiago & Cooper, Rory. (2014). Rehabilitation of People with Lower-Limb Amputations. *Current Physical Medicine and Rehabilitation Reports.* In Press. [10.1007/s40141-014-0068-8](https://doi.org/10.1007/s40141-014-0068-8).
13. De Pauw, K., Serrien, B., Baeyens, J.-P., Chelle, P., De Bock, S., Ghillebert, J., Bailey, S. P., Lefeber, D., Roelands, B., Vanderborght, B., & Meeusen, R. (2020). Prosthetic gait of unilateral lower-limb amputees with current and novel prostheses: A pilot study. *Clinical Biomechanics*, *71*, 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2019.10.028>
14. Prost, V., Johnson, W. B., Kent, J. A., & others. (2022). Biomechanical evaluation over level ground walking of user-specific prosthetic feet designed using the lower leg trajectory error framework. *Scientific Reports*, *12*, 5306. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09114-y>
15. Toderita, Diana & Favier, Clément & Henson, David & Vardakastani, Vasiliki & Sherman, Kate & Bennett, Alexander & Bull, Anthony. (2023). Hip joint and muscle loading for persons with bilateral transfemoral/through-knee amputations: biomechanical differences between full-length articulated and foreshortened non-articulated prostheses. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation.* 20. [10.1186/s12984-023-01296-4](https://doi.org/10.1186/s12984-023-01296-4).
16. Waters R. L, Mulroy S. The energy expenditure of normal and pathologic gait. *Gait Posture.* 1999 Jul;9(3): 207-31. doi: 10.1016/s0966-6362(99)00009-0. PMID: 10575082.
17. Rigney S, Simmons A, Kark L. Energy Storage and Return Prostheses: A Review of Mechanical Models. *Crit Rev Biomed Eng.* 2016;44(4):269-292. doi: 10.1615/CritRevBiomedEng.2017020031. PMID: 29199578.
18. Bateni H. Postural Sway in Lower Extremity Amputees and Older Adults May Suggest Increased Fall Risk in Amputees. *Can Prosthet Orthot J.* 2020 Sep 20;3(2):33804. doi: 10.33137/cpoj.v3i2.33804.

### References

1. Glavcom. (2024, December 21). *There are no queues for military prosthetics. How the state is helping those who have lost limbs.* <https://glavcom.ua/interviews/cherhi-dlja-vijskovikh-na-protezuwannja-sohodni-nemaje-jak-pratsjuje-sistema-dopomohi-tim-khto-vtrativ-kintsivki-1010816.html>
2. Tsema, Ye., Khomenko, I., Bespalenko, A., Bur'ianov, A., Mishalov, V., & Kikh, A. (2017). Clinical and statistical study of the level of limb amputation in the wounded. *Klinichna khirurgiia*, (10), 51. <https://doi.org/10.26779/2522-1396.2017.10.51>
3. Supolova, K., & Barkasi, D. (2022). The importance of rehabilitation in patients with bilateral transfemoral amputation. *Ukraina. Zdorovia natsii*, (3), 93–96. <https://doi.org/10.24144/2077-6594.3.1.2022.266038>.
4. European Convention for the Protection of Human Rights and Fundamental Freedoms, Council of Europe, November 4, 1950, [https://www.echr.coe.int/documents/convention\\_eng.pdf](https://www.echr.coe.int/documents/convention_eng.pdf)
5. National Standard of Ukraine. (2019). *DSTU 8828:2019. Fire security. Terms* (Valid from 2020-01-01). Kyiv: Official publication. 163 p.

6. Ministry of Regional Development of Ukraine. (2018). *DBN V.2.2-40:2018. Inclusiveness of buildings and structures* (Valid from 2019-04-01). Kyiv. 70 p.
7. Khlevnoi, O., Burak, N., Borzov, Y., Raita, D. Neural Network Analysis of Evacuation Flows According to Video Surveillance Cameras. In: Babichev, S., Lytvynenko, V. (eds) *Lecture Notes in Data Engineering, Computational Intelligence, and Decision Making. ISDMCI 2022*, vol 149. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-16203-9\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-031-16203-9_35).
8. Chen, L., Feng, Y., Chen, B. *et al.* Improving postural stability among people with lower-limb amputations by tactile sensory substitution. *J NeuroEngineering Rehabil* **18**, 159 (2021). <https://doi.org/10.1186/s12984-021-00952-x>
9. Hofstad C, Linde H, Limbeek J, Postema K. Prescription of prosthetic ankle-foot mechanisms after lower limb amputation. *Cochrane Database Syst Rev*. 2004;2004(1):CD003978. doi: 10.1002/14651858.CD003978.pub2.
10. Kuligowski, Erica. (2020). Evacuation decision-making and behavior in wildfires: Past research, current challenges and a future research agenda. *Fire Safety Journal*. 120. 103129. [10.1016/j.firesaf.2020.103129](https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2020.103129).
11. Khlevnoi, O. V., Kharyshyn, D. V., & Nazarovets, O. B. (2020). Problems of calculating the time of evacuation in case of fires in preschool and secondary education institutions with inclusive groups. *Fire Safety*, 29, 136–141. <https://doi.org/10.32447/20786662.37.2020.11>
12. Fiedler, Goeran & Akins, Jonathan & Cooper, Rosemarie & Munoz, Santiago & Cooper, Rory. (2014). Rehabilitation of People with Lower-Limb Amputations. *Current Physical Medicine and Rehabilitation Reports*. In Press. [10.1007/s40141-014-0068-8](https://doi.org/10.1007/s40141-014-0068-8).
13. De Pauw, K., Serrien, B., Baeyens, J.-P., Cherelle, P., De Bock, S., Ghillebert, J., Bailey, S. P., Lefeber, D., Roelands, B., Vanderborght, B., & Meeusen, R. (2020). Prosthetic gait of unilateral lower-limb amputees with current and novel prostheses: A pilot study. *Clinical Biomechanics*, 71, 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2019.10.028>
14. Prost, V., Johnson, W. B., Kent, J. A., & others. (2022). Biomechanical evaluation over level ground walking of user-specific prosthetic feet designed using the lower leg trajectory error framework. *Scientific Reports*, 12, 5306. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09114-y>
15. Toderita, Diana & Favier, Clément & Henson, David & Vardakastani, Vasiliki & Sherman, Kate & Bennett, Alexander & Bull, Anthony. (2023). Hip joint and muscle loading for persons with bilateral transfemoral/through-knee amputations: biomechanical differences between full-length articulated and foreshortened non-articulated prostheses. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 20. [10.1186/s12984-023-01296-4](https://doi.org/10.1186/s12984-023-01296-4).
16. Waters R. L, Mulroy S. The energy expenditure of normal and pathologic gait. *Gait Posture*. 1999 Jul;9(3): 207-31. doi: 10.1016/s0966-6362(99)00009-0. PMID: 10575082.
17. Rigney S, Simmons A, Kark L. Energy Storage and Return Prostheses: A Review of Mechanical Models. *Crit Rev Biomed Eng*. 2016;44(4):269-292. doi: 10.1615/CritRevBiomedEng.2017020031. PMID: 29199578.
18. Bateni H. Postural Sway in Lower Extremity Amputees and Older Adults May Suggest Increased Fall Risk in Amputees. *Can Prosthet Orthot J*. 2020 Sep 20;3(2):33804. doi: 10.33137/cpoj.v3i2.33804.

## МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ОСІБ РЯДОВОГО І НАЧАЛЬНИЦЬКОГО СКЛАДУ ДСНС УКРАЇНИ З ПЛАНУВАННЯ ЕВАКУАЦІЇ МАЛОМОБІЛЬНИХ ГРУП НАСЕЛЕННЯ, ВКЛЮЧАЮЧИ ОСІБ З ІНВАЛІДНІСТЮ

**Аліна ПЕРЕГІН**

доктор філософії, науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-інноваційного центру Національного університету цивільного захисту України, perehin\_alina@nuczu.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2062-5537

**Олександр НУЯНЗІН**

доктор технічних наук, професор, начальник науково-дослідної лабораторії пожежної та техногенної безпеки навчально-наукового інституту пожежної безпеки Національного університету цивільного захисту України, nuianzin\_oleksandr@nuczu.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2527-6073

**Мета дослідження:** розробити методичні рекомендації для співробітників Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України) щодо ефективного та безпечного планування евакуації маломобільних груп населення, з урахуванням особливостей осіб з інвалідністю, актуальних викликів безпеки та інклюзивних принципів.

**Методи дослідження:** аналіз нормативно-правової бази, контент-аналіз існуючих методичних документів МВС та ДСНС України.

**Результати:** визначено 13 ключових принципів організації евакуації маломобільних осіб, які включають повагу до гідності, інформованість, інклюзію та добровільність, створено поетапний алгоритм дій ДСНС України від підготовки до постевакуаційного супроводу, узагальнено психологічні, медичні, логістичні та етичні аспекти супроводу під час евакуації, виявлено критичні бар'єри: кадрова нестача, недостатність технічних засобів, слабка міжвідомча координація.

**Теоретична цінність дослідження:** дослідження розширює розуміння комплексної інклюзивної безпеки в умовах надзвичайних ситуацій та воєнного стану.

**Оригінальність:** вперше в Україні комплексно розглянуто евакуацію осіб з інвалідністю з позицій міждисциплінарного підходу – безпека, психологія, медицина, соціальна підтримка. Розроблені рекомендації мають практичну орієнтацію та адаптовані до умов воєнного часу.

**Практична цінність:** методичні рекомендації можуть бути безпосередньо використані в програмах підготовки та підвищення кваліфікації працівників ДСНС України; розробці місцевих планів евакуації; створенні навчальних тренінгів з інклюзивної безпеки; роботі волонтерських та медичних команд.

**Ключові слова:** маломобільні групи населення, особи з інвалідністю, евакуація, надзвичайна ситуація, інклюзивна безпека, методичні рекомендації, психологічна підтримка, цивільний захист.

## METHODOLOGICAL GUIDELINES FOR THE RANK-AND-FILE AND COMMAND STAFF OF THE STATE EMERGENCY SERVICE OF UKRAINE ON THE PLANNING OF EVACUATION OF PERSONS WITH LIMITED MOBILITY, INCLUDING PERSONS WITH DISABILITIES

**Alina PEREHIN**

PhD, Research Associate of the Department for the Organization of Research Activities at the Scientific and Innovation Center, National University of Civil Protection of Ukraine, perehin\_alina@nuczu.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2062-5537

**Oleksandr NUIANZIN**

Dr. Eng., Professor, Head of the Research Laboratory of Fire and Technogenic Safety of the Educational and Research Institute of Fire Safety, National University of Civil Protection of Ukraine,

nuianzin\_oleksandr@nuczu.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2527-6073

**Research Objective:** to develop methodological guidelines for the personnel of the State Emergency Service of Ukraine for the effective and safe planning of the evacuation of persons with limited mobility, taking into account the specific needs of persons with disabilities, current security challenges, and inclusive principles.

**Research Methods:** analysis of the regulatory and legal framework; content analysis of existing methodological documents of the Ministry of Internal Affairs and the State Emergency Service of Ukraine.

**Results:** thirteen key principles for organizing the evacuation of persons with limited mobility were identified, including dignity, informed consent, inclusiveness, and voluntariness. A step-by-step algorithm for State Emergency Service of Ukraine actions was developed, covering all phases from preparation to post-evacuation support. The psychological, medical, logistical, and ethical aspects of evacuation support were summarized. Critical barriers were identified, such as personnel shortages, lack of technical resources, and weak inter-agency coordination.

**Theoretical Significance:** the study expands the understanding of comprehensive inclusive safety in emergency and wartime conditions, combining elements of law, security, and social policy.

**Originality:** for the first time in Ukraine, the evacuation of persons with disabilities has been considered through an interdisciplinary lens—encompassing safety, psychology, medicine, and social support. The developed guidelines are practice-oriented and adapted to wartime realities.

**Practical Value:** the methodological recommendations can be directly applied in SESU staff training and professional development programs; in the creation of local evacuation plans; in the development of inclusive safety training programs; and in the operations of volunteer and medical teams.

**Keywords:** persons with limited mobility, persons with disabilities, evacuation, emergency situation, inclusive safety, methodological guidelines, psychological support, civil protection.

**Вступ**

У сучасних умовах зростання кількості надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, а також з огляду на воєнні дії на території України, питання забезпечення безпеки осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення набуває особливого значення. Одним із ключових напрямів діяльності підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій є організація ефективної та безпечної евакуації цих категорій громадян.

**Постановка проблеми**

У зв'язку з частими надзвичайними ситуаціями та воєнними діями в Україні, постає гостра потреба в удосконаленні системи евакуації населення, особливо маломобільних груп, зокрема осіб з інвалідністю. Наявні нормативно-правові документи лише частково регламентують такі процеси, а практичне впровадження інклюзивного підходу часто стикається з кадровими, матеріально-технічними та організаційними труднощами.

**Мета дослідження**

Розробити методичні рекомендації для співробітників ДСНС України щодо ефективного та безпечного планування евакуації маломобільних груп населення, з урахуванням особливостей осіб з інвалідністю, актуальних викликів безпеки та інклюзивних принципів.

**Методологія дослідження**

Методологічна основа дослідження базується на міждисциплінарному підході, який поєднує елементи нормативно-правового аналізу, соціальних наук, психології кризових станів та принципів інклюзивної безпеки.

## **Результати**

Під маломобільними групами населення варто розуміти осіб, які відчують труднощі під час самостійного пересування, одержання послуги, необхідної інформації або при орієнтуванні у просторі. Це, зокрема, особи з інвалідністю, особи з тимчасовим порушенням здоров'я, вагітні жінки, громадяни старшого віку, особи з дитячими візками та інші [1].

## **Нормативно-правова база**

Законодавче регулювання заходів з евакуації осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення в Україні здійснюється на основі національних і міжнародних правових актів, що гарантують рівність, доступність та захист прав людини та регламентується низкою нормативно-правових актів, серед яких:

Конвенція ООН про права осіб з інвалідністю, яка зобов'язує держави-учасниці вживати всіх необхідних заходів для забезпечення захисту та безпеки осіб з інвалідністю в ситуаціях ризику, включаючи збройні конфлікти, гуманітарні надзвичайні ситуації та стихійні лиха.

На національному рівні базовими є положення Конституції України (ст. 3, 24, 46), які визначають пріоритет людського життя та гідності, рівність усіх громадян перед законом і право на соціальний захист, включно з особами з інвалідністю.

Кодекс цивільного захисту України, який визначає основні засади організації та функціонування системи цивільного захисту.

Згідно із Законом України «Про основи соціальної захищеності осіб з інвалідністю в Україні», евакуаційні заходи мають передбачати правовий захист таких осіб, їхню пріоритетність під час надзвичайних ситуацій, а також забезпечення доступу до інфраструктури, транспорту та інформаційного середовища.

У сфері транспорту Закон України «Про транспорт» встановлює вимоги до адаптації транспортних засобів: наявність пандусів, спеціальних підйомників, систем кріплення для колісних крісел тощо. У випадках евакуації із зон підвищеної небезпеки повинні використовуватись спеціалізовані, у тому числі броньовані, транспортні засоби з відповідним обладнанням.

Постанова Кабінету Міністрів України від 30.10.2013 р. № 841 «Про затвердження Порядку проведення евакуації у разі загрози виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій».

Наказ МВС України від 10.07.2017 р. № 579 «Про затвердження Методики планування заходів з евакуації», яким затверджено Методику планування евакуаційних заходів та який містить розділ, присвячений особливостям планування заходів з евакуації осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення.

ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення», що встановлює вимоги до забезпечення доступності будівель і споруд для маломобільних груп населення.

Окрім цього, законодавство передбачає доступність архітектурного середовища (наявність пандусів, тактильних вказівників, адаптованих санітарних приміщень), транспорту та інформації (переклад жестовою мовою, субтитрування, аудіоописи тощо), що є критично важливим під час евакуації осіб з інвалідністю.

## **Основні принципи евакуації маломобільних груп населення**

Методичні рекомендації ДСНС України визначають такі ключові принципи евакуації маломобільних груп населення:

1. Доступність і безбар'єрність: забезпечення умов для безпечного пересування, включаючи спеціальні засоби.
2. Поважання гідності та автономії: врахування особливостей фізичного, сенсорного, психічного стану постраждалих.
3. Індивідуальний підхід: адаптація планів евакуації до конкретних потреб кожної особи.
4. Інформованість: своєчасне надання інформації про подальші дії маломобільних груп населення.

5. Співпраця: координація дій між різними службами та організаціями, залученими до евакуації.

### **Принципи організації евакуації осіб з інвалідністю та маломобільних груп населення**

Евакуація осіб з інвалідністю повинна здійснюватися з дотриманням базових прав людини, з урахуванням особливих потреб та можливостей цих груп. Основними принципами є [2]:

Справедливість – рівне ставлення до всіх осіб з урахуванням індивідуальних особливостей.

Добровільність – евакуація здійснюється на основі інформованої згоди, без примусу, окрім винятків, передбачених законодавством.

Конфіденційність – заборона на розголошення особистої інформації без законних підстав.

Інклюзивність – врахування прав і потреб різних груп, включно з дітьми, особами похилого віку та людьми з інвалідністю; недопущення дискримінації.

Доступність послуг – забезпечення базових потреб (їжа, вода, медична й психологічна допомога) без обмежень і винятків.

Єдність сім'ї – недопущення розлучення дітей із законними представниками проти їхньої волі.

Зрозуміла комунікація – використання простої мови та доступних форматів інформування.

Повага до думки дитини – участь дітей у прийнятті рішень, що їх стосуються, відповідно до віку та зрілості.

Також під час евакуації важливо враховувати принципи універсального дизайну, зокрема: рівний доступ до інфраструктури, гнучкість у використанні, інтуїтивність, чіткість інформації, мінімізація фізичних зусиль, безпечність простору та дотримання особистої гідності.

### **Етапи евакуації**

Процес евакуації маломобільних груп населення включає кілька етапів:

#### **1. Підготовчий етап:**

Ідентифікація маломобільних груп населення: створення реєстрів осіб, які потребують особливої уваги під час евакуації.

Планування маршрутів: визначення безпечних та доступних шляхів евакуації.

Навчання персоналу: проведення тренінгів для працівників ДСНС України та інших служб щодо особливостей евакуації маломобільних груп населення.

Ефективне планування евакуації маломобільних груп населення потребує завчасної координації між підрозділами ДСНС України, місцевими органами влади, комісіями з питань евакуації, волонтерами та іншими структурами. Фінансування таких заходів, включаючи виявлення та супровід осіб з інвалідністю, здійснюється з місцевих бюджетів та інших джерел, дозволених законодавством.

Ключові етапи планування евакуації включають:

1. Міжвідомчу взаємодію з органами влади на всіх рівнях та залучення ДСНС України до оперативних груп.

2. Урахування потреб осіб з інвалідністю, включаючи фізичні, сенсорні, інтелектуальні порушення, та створення відповідних маршрутів евакуації.

3. Інформування населення за допомогою доступних каналів зв'язку: телебачення, радіо, інтернет, мобільний зв'язок, офіційні месенджери, оголошення у транспорті тощо.

4. Використання технічних засобів оповіщення, адаптованих до різних типів порушень: звукових, світлових, жестової мови, субтитрів, форматів легкого читання.

5. Логістичне забезпечення транспортування, включаючи спеціально обладнані транспортні засоби для посадки, висадки та перевезення маломобільних осіб.

6. Організацію супроводу, зокрема медичного, під час транспортування та оформлення відмов від евакуації у передбаченому порядку.

7. Навчання персоналу ДСНС України щодо особливостей взаємодії з людьми з інвалідністю, домедичної та психологічної допомоги.

8. Забезпечення матеріально-технічної бази, зокрема у межах планів цивільного захисту та номенклатури резервів на особливий період.

Таким чином, системний підхід до планування евакуації з урахуванням специфіки маломобільних груп населення дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані з їх вразливістю у надзвичайних ситуаціях, та забезпечити реалізацію принципу недискримінації у сфері безпеки.

**Особливості психологічного супроводу евакуації маломобільних груп населення, включаючи осіб з інвалідністю:**

Евакуація маломобільних груп населення, зокрема осіб з інвалідністю, потребує не лише організаційного забезпечення, а й комплексного психологічного супроводу. Його головна мета – зменшити психологічне навантаження, підтримати базове відчуття безпеки, стабільності та гідності евакуйованих осіб у кризових умовах [3].

### **1. Підготовчий етап**

На цьому етапі фахівці ДСНС України та відповідно підготовлений персонал мають:

- налагодити комунікацію з органами влади щодо методів інформування осіб з інвалідністю, з огляду на особливості сприйняття інформації (наприклад, використання жестової мови, субтитрів, озвучування текстів);
- проаналізувати склад евакуйованих, зокрема визначити кількість осіб, які пересуваються самостійно, на кріслах колісних або перебувають у лежачому стані;
- забезпечити наявність технічних засобів пересування, таких як ноші, медичні ліжка, крісла тощо;
- підготувати індивідуальні набори першої необхідності (так звані «тривожні валізи») з урахуванням особливих потреб (ліки, засоби гігієни, елементи живлення до медичних пристроїв);
- провести інструктаж для персоналу щодо етичної комунікації, тактичного контакту, безпечного переміщення осіб, психологічної адаптації у стресових умовах.

### **2. Психологічна підтримка під час евакуації**

Під час активної фази евакуації доцільним є:

- постійний моніторинг психоемоційного стану евакуйованих, особливо дітей, осіб літнього віку та людей з психічними або інтелектуальними порушеннями;
- усунення або зменшення дії стресових факторів, зокрема шуму, натовпу, невизначеності;
- забезпечення емоційної підтримки – шляхом уважного слухання, дотримання спокійного тону спілкування, пояснення подальших дій;
- своєчасне надання психологічної або кризової допомоги особам з ознаками паніки, фрустрації, тривожності;
- робота з випадками розлучення дітей із законними представниками – ідентифікація та перенаправлення до служб у справах дітей.

### **3. Етичні аспекти поведінки персоналу**

Співробітники, задіяні у супроводі, повинні дотримуватись професійного зовнішнього вигляду, уникати зайвих емоцій на публіці, необґрунтованих обіцянок або повідомлень, що можуть викликати паніку. Важливо не знецінювати переживання евакуйованих і не вступати у конфлікти. Комунікація має бути чіткою, чесною, виваженою.

### **4. Психологічне спілкування з людьми з інвалідністю**

Рекомендовано:

- звертатись безпосередньо до особи, а не до супроводжуючих;
- представляти та пояснювати свої функції;
- дотримуватись особистих меж і питати дозволу на дотик;
- бути терплячим у спілкуванні з особами, які мають мовленнєві порушення;
- утримуватись від стереотипних фраз і проявів співчуття, які можуть здатися нещирими.

### **5. Алгоритм психологічної підтримки**

Підхід до кожної людини має бути індивідуальним, але базові кроки включають:

- задоволення базових потреб;
- емпатійне слухання без оцінювання;
- визнання права людини на емоції;
- чесне, але обережне інформування;
- підкреслення її сили, витривалості, рішучості.

### **Безпосередня евакуація**

Оповіщення. Здійснюється за допомогою сучасних систем оповіщення, які забезпечують подачу інформації у зоровому (світлові сигнали, електронні табло, візуальні індикатори) та звуковому (сирени, гучномовці, автоматизовані голосові повідомлення) форматах. Важливо, щоб повідомлення були чіткими, зрозумілими та дублювалися кількома мовами, особливо в місцях з високою концентрацією іноземців чи людей із порушеннями слуху [4].

Фізичний супровід. Забезпечується допомога особам із обмеженою рухливістю, людям похилого віку, дітям, вагітним жінкам, а також іншим вразливим групам населення. Для цього використовуються спеціальні евакуаційні засоби – м'які ноші, евакуаційні крісла, спеціальні колісні платформи та інші пристрої, які дозволяють безпечно транспортувати людей з урахуванням їхніх фізичних особливостей. У разі необхідності залучаються працівники екстрених служб або волонтери, які пройшли відповідне навчання.

Психологічна підтримка. В умовах евакуації дуже важливо надавати постраждалим психологічну допомогу. Це включає емоційну підтримку, створення атмосфери безпеки, встановлення довіри між евакуйованими та рятувальниками, а також запобігання паніці. Психологи, соціальні працівники або підготовлені волонтери повинні бути готові допомогти людям впоратися зі стресом, страхом або дезорієнтацією.

### **Особливості проведення евакуації маломобільних груп населення, включаючи осіб з інвалідністю, з об'єктів фонду захисних споруд цивільного захисту**

1. Вихід із об'єктів фонду захисних споруд цивільного захисту рекомендовано здійснювати у разі надходження інформації про відсутність небезпеки (після уточнення обстановки в районі споруди), а також у випадках вимушеної евакуації в порядку, встановленому відповідальною особою [5]. Вимушену евакуацію зі споруд проводять у разі:

- пошкодження будівель і споруд, що унеможливує подальше перебування в ній осіб;
- затоплення будівель, що унеможливує подальше перебування в ній осіб;
- пожежі в будівлі та утворення в ній небезпечних концентрацій шкідливих газів;
- досягнення граничних параметрів внутрішнього повітряного середовища у будівлях.

2. На шляхах руху, транзитних зонах коридору під час евакуації доцільно завчасно прибрати зайві речі, що можуть заважати рухові коридором, якщо можливо, оминати пороги на шляхах руху.

3. Підходи до зовнішніх дверей укриттів, двері і сходові марші доцільно очистити від бруду і сміття, а в зимовий час – від снігу і льоду, прибрати будь-які захаращення.

4. Доцільно використовувати входи до будівель і споруд, що забезпечують вільний доступ усередину приміщень, можливість користуватися ними особам з інвалідністю та іншим маломобільним групам населення і мають достатню пропускну спроможність.

5. За необхідності доцільно використовувати плани евакуації та первинні засоби пожежогасіння, які не створюють додаткової небезпеки життю та здоров'ю людей (наприклад, недоцільне використання вогнегасників порошкового типу). За можливості прямувати відповідно до позначень.

6. Рекомендовано організувати освітлення шляхів евакуації додатковими пристроями у разі необхідності. Освітлювальні пристрої скеровувати у напрямку евакуації, щоб не засліплювати людей, та за потреби – зменшити освітлення.

7. У разі неможливості використання основних входів (виходів) через їх пошкодження внаслідок дії небезпечних чинників надзвичайних ситуацій, слід організувати роботи з виведення (евакуації) осіб через аварійні виходи.

8. У разі неможливості здійснення евакуації через основні та аварійні виходи, слід передбачити організацію роботи щодо пробиття отворів в огорожувальних конструкціях, у

такому випадку за планом споруди визначити оптимальне місце улаштування отвору як щодо мінімального обсягу і безпечності проведення робіт, так і щодо зручності евакуації.

9.3 метою безпечної евакуації людей доцільно передбачити функціонування щонайменше двох евакуаційних виходів, а потоки людей, які рухаються ними, мають бути прямими й не перетинатися.

10. Не рекомендовано без необхідності замикати двері виходів під час проведення заходів з евакуації.

11. Під час проведення евакуації не використовувати ліфти.

12. Під час проведення евакуації травмованих (поранених) осіб чи тих, що не можуть самостійно пересуватись, доцільно використовувати засоби для іммобілізації та медичної евакуації, залучати медичний персонал.

13. За необхідності доцільно використовувати засоби захисту органів дихання та шкіри від впливу шкідливих речовин, оминати небезпечні зони.

#### **Рекомендації щодо умов перевезення та транспортних засобів**

Для загальної евакуації залучають транспорт з відповідної території, а за загрози життю – також транспорт підприємств і громадян [2].

Під час часткової евакуації додаткові транспортні засоби залучають за рішенням місцевої чи військової адміністрації.

Види й кількість транспорту визначає орган, що ухвалив рішення про евакуацію.

Планування передбачає підготовку транспорту для перевезення маломобільних осіб та їх супроводу.

Рекомендується використовувати спеціалізований транспорт із підйомниками, пандусами, кріпленнями – зокрема реаніомобілі та адаптовані автобуси.

Співробітники ДСНС України мають проходити тренінги для роботи з людьми з інвалідністю та маломобільними групами.

У разі потреби рятувальники повинні фізично допомагати цим особам.

Під час евакуації потрібно враховувати потреби маломобільних осіб, зокрема при створенні гуманітарних коридорів.

Місця посадки/висадки мають бути зручними й доступними, із відповідними розмірами та розміткою.

За неможливості використання стандартних зупинок – облаштовують тимчасові, пристосовані майданчики.

Транспорт слід обладнувати лежачими місцями, підйомниками, ременями безпеки.

За потреби доцільно використовувати транспорт із низькою підлогою або додаткові засоби посадки.

ДСНС України варто супроводжувати таких осіб для запобігання скупченню.

До евакуаційних заходів бажано (за згодою) залучати осіб з інвалідністю, їх організації, а також визначати з ними транспорт та адаптувати інфраструктуру до їхніх потреб.

#### **Медичне забезпечення під час евакуації маломобільних груп населення, включаючи осіб з інвалідністю**

Евакуацію супроводжують медичні бригади ДСНС України, до складу яких входять медики, водії та спецтранспорт.

Склад бригади (лікарська, фельдшерська тощо) залежить від потреб у медичній допомозі під час евакуації.

Автомобіль підбирається індивідуально: з урахуванням тяжкості стану, положення особи (лежаче, активне), необхідності ШВЛ, кисню, моніторингу, наявності супроводу чи допоміжних засобів.

Медичні працівники діють за локальними протоколами та повинні бути оснащені відповідно до вимог ДСНС України і МОЗ України, з огляду на потреби евакуйованих.

Медичний персонал має бути забезпечений засобами індивідуального захисту – масками, рукавичками, захисними халатами тощо.

До евакуації слід узгодити з місцевою владою:

кількість осіб з інвалідністю (у т.ч. лежачих, на візках, з милицями тощо);

тих, хто потребує сторонньої допомоги та супроводу;

обсяги необхідного медичного забезпечення.

**На основі цієї інформації визначають:**

- кількість медперсоналу, транспорту та медзасобів;
- склад бригад;
- маршрути евакуації.

Під час евакуації пріоритет надається особам з інвалідністю, зокрема з порушенням зору, слуху, опорно-рухового апарату, когнітивними та психічними порушеннями, включаючи тих, хто перебуває в лікарнях, школах, соціальних установах. Забезпечується:

- постійний моніторинг стану здоров'я;
- невідкладна медична допомога;
- догляд (допомога з харчуванням, ліками, зручне положення тощо).

Медичний персонал зобов'язаний дбати про свою безпеку і безпеку евакуйованих.

**Постевакуаційний супровід маломобільних груп населення та осіб з інвалідністю**

Після завершення евакуаційних заходів особливо важливо забезпечити всебічну підтримку осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення [2]. Постевакуаційний етап включає низку напрямів:

**Медичне забезпечення**

Після евакуації обов'язковим є первинне медичне обстеження, надання екстреної чи планової допомоги відповідно до стану здоров'я особи. Зокрема, слід забезпечити:

- медичний огляд усіх евакуйованих;
- постачання ліків для осіб із хронічними захворюваннями;
- продовження лікування та реабілітації;
- супровід людей, які потребують постійного медичного контролю (зокрема лежачих хворих, осіб після операцій, із психічними розладами).

**Тимчасове розміщення**

Необхідно забезпечити безпечне, доступне та адаптоване житло для осіб з інвалідністю:

- приміщення повинні відповідати нормам безбар'єрності (наявність пандусів, ліфтів, санітарних кімнат);
- забезпечення умов для особистої гігієни, догляду, харчування;
- можливість проживання із супроводжуваними особами.

**Інформаційна підтримка**

Важливо оперативно надавати евакуйованим:

- чітку інформацію про подальші дії, переміщення, маршрути;
- контакти органів влади, гуманітарних центрів, медустанов;
- інформацію у доступних форматах: шрифт Брайля, великі літери, відео з перекладом жестовою мовою, аудіофайли тощо.

**Психолого-педагогічний супровід**

Психоемоційний стан осіб з інвалідністю в умовах надзвичайних ситуацій є надзвичайно вразливим. Успішна евакуація неможлива без урахування цього аспекту.

**Основні принципи:**

Емпатія та стриманість: здатність слухати, підтримувати, уникати тиску чи осуду.

Невербальна комунікація: використання жестів, міміки, спокійного голосу, зорового контакту.

Толерантність: повага до особистих меж, звичок, способу життя кожної особи.

**Практичні рекомендації:**

Проведення тренінгів для співробітників ДСНС України із тем: етика спілкування з особами з інвалідністю; запобігання конфліктам; робота в умовах емоційного навантаження; психологічна саморегуляція.

**Технічне забезпечення евакуації**

Одна з основних перешкод – брак спеціалізованих технічних засобів. Методичні матеріали передбачають:

Евакуаційне обладнання: м'які носі, крісла-евакуатори, амфібійні крісла.

Системи оповіщення: візуальні та звукові сигнали, текстові повідомлення для людей з порушеннями слуху/зору.

Допоміжні пристрої: поручні, мобільні пандуси, пожежні ліфти, тактильні стрічки.

**Міжвідомча взаємодія**

Ефективна евакуація можлива лише за умови скоординованої роботи всіх залучених сторін: ДСНС України: організація процесу евакуації, координація дій на місцях.

Медичні установи: надання допомоги, скерування до лікувальних закладів, моніторинг стану здоров'я.

Органи місцевого самоврядування: створення умов розміщення, логістична підтримка, контроль за виконанням заходів.

Громадські та волонтерські організації: супровід, інформування, допомога в адаптації, психологічна підтримка.

#### **Ключові виклики**

Кадрова проблема: нестача спеціалістів, які мають відповідну підготовку до роботи з особами з інвалідністю.

Матеріально-технічне забезпечення: відсутність необхідних засобів евакуації.

Психологічна неготовність персоналу: потреба у спеціалізованій підготовці.

Брак індивідуальних планів евакуації: необхідність розробки персоналізованих маршрутів і заходів для кожної особи з інвалідністю.

#### **Висновки**

Методичні рекомендації для особового складу ДСНС України, які беруть участь в евакуації осіб з інвалідністю, є важливим кроком на шляху до формування інклюзивного підходу у сфері цивільного захисту. Їх впровадження сприятиме підвищенню професійної культури, розвитку емоційного інтелекту, а також удосконаленню нормативно-правового та організаційного забезпечення безпеки маломобільних груп населення під час надзвичайних ситуацій. Необхідним є подальше дослідження ефективності застосування цих методик та розширення програм професійної підготовки для особового складу ДСНС України з урахуванням викликів воєнного часу.

#### **Список використаних джерел**

1. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності». (2011). Відомості Верховної Ради України, 34, ст. 343. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17>.
2. Кабінет Міністрів України. (2013, 30 жовтня). Про затвердження Порядку проведення евакуації у разі загрози виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій (Постанова № 841). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/841-2013-п>.
3. Кабінет Міністрів України. (2024, 9 серпня). Деякі питання проведення евакуаційних заходів та ефективного реагування на масове переміщення населення (Постанова № 911). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/911-2024-п>.
4. Закон України № 3441-IX «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо уточнення повноважень суб'єктів забезпечення цивільного захисту» (2023, 8 листопада). Відомості Верховної Ради України. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3441-20>.
5. Міністерство внутрішніх справ України. (2018, 9 липня). Про затвердження вимог з питань використання та обліку фонду захисних споруд цивільного захисту (Наказ № 579). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0891-18>.

#### **References**

1. Verkhovna Rada of Ukraine. (2011). Law of Ukraine "On Regulation of Urban Planning Activities". Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy, 34, Article 343. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17>.
2. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2013, October 30). On approval of the procedure for evacuation in case of threat or occurrence of emergencies (Resolution No. 841). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/841-2013-п>.
3. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2024, August 9). Certain issues of evacuation measures and effective response to mass population displacement (Resolution No. 911). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/911-2024-п>.
4. Verkhovna Rada of Ukraine. (2023, November 8). Law of Ukraine No. 3441-IX "On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine to Clarify the Powers of Civil Protection Entities, Improve Legislation on the Protection of the Population and Territories from the Consequences of Emergencies, Organization and Conduct of Evacuation, and Ensuring the Protection of Life and Health of Citizens". <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3441-20>.
5. Ministry of Internal Affairs of Ukraine. (2018, July 9). On approval of requirements for the use and accounting of the civil protection shelter fund (Order No. 579). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0891-18>.

## ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАДІАЦІЙНОГО ТА ХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ В УМОВАХ ВІЙНИ

### Василь ЛОЇК

кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
v.loik1984@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3772-1640

### Олександр СИНЕЛЬНИКОВ

кандидат технічних наук, доцент кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
o.synelnikov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0429-147X

### Максим ДОВГАНОВСЬКИЙ

викладач кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
mdovhanovskyi@gmail.com, ORCID: 0009-0006-2064-805X

В сучасних умовах радіаційні та хімічні інциденти з їхніми непередбачуваними та потенційно катастрофічними наслідками потребують особливих підходів і механізмів реагування на надзвичайні ситуації. Вирішення цих проблем потребує сучасних інструментів і підходів, які дозволяють особам, що ухвалюють рішення на різних рівнях, орієнтуватися в умовах невизначеності та пом'якшувати ризики, які постійно змінюються.

Ефективне управління на ці загрози в умовах війни не обмежується жорсткими протоколами, а залежить від створення динамічних, адаптивних систем, здатних реагувати на нові та непередбачувані виклики. Така двокомпонентна структура – з акцентом спочатку на плануванні, а потім на заходах реагування – підкреслює важливість підготовки як основи ефективного управління надзвичайними ситуаціями. Успішне управління радіаційними та хімічними загрозами починається задовго до виникнення інциденту і передбачає стратегічне планування, навчання та створення управлінських структур, що забезпечують швидке й координоване реагування.

**Мета дослідження:** розробка науково обґрунтованої системи підходів, механізмів та практичних інструкцій щодо ефективного планування і реагування на надзвичайні ситуації хімічного, радіологічного та ядерного характеру.

**Методи дослідження:** системний аналіз, інформаційно-аналітичний метод, порівняльний аналіз, метод можелювання, методи ризик-менеджменту.

**Теоретична цінність дослідження:** Теоретична цінність полягає у концептуальних підходах до класифікації загроз та реагування на них з урахуванням інноваційних підходів та технологій.

**Практична цінність дослідження:** практичні результати можуть бути використані при розробці алгоритмів і рекомендацій для органів державної влади, військових, рятувальних служб та об'єктів критичної інфраструктури щодо оперативного планування та реагування на ситуації хімічного, радіологічного та ядерного характеру.

**Оригінальність:** дослідження полягає в інтегративному підході до формування ефективної системи реагування на радіаційні та хімічні загрози, який поєднує елементи стратегічного планування, тактичної підготовки та оперативного реагування.

**Майбутні дослідження:** перспективним напрямом подальших досліджень є дослідження соціально-психологічних аспектів реагування, розуміння населення діям при таких інцидентах, моніторинг і оцінювання ефективності впроваджених заходів тощо.

**Ключові слова:** радіаційний захист, хімічний захист, інциденти, радіологічна небезпека, ядерна загроза, надзвичайні ситуації, реагування.

## PECULIARITIES OF RADIATION AND CHEMICAL PROTECTION IN THE CONDITIONS OF WAR IN UKRAINE

**Vasyl LOIK**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety,  
v.loik1984@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3772-1640

**Oleksandr SYNELNIKOV**

PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety,  
o.synelnikov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0429-147X

**Maksym DOVHANOVSKYI**

Lecturer at the Department of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety,  
mdovhanovskyi@gmail.com, ORCID: 0009-0006-2064-805X

In modern conditions, radiation and chemical incidents with their unpredictable and potentially catastrophic consequences require special approaches and mechanisms for emergency response. Addressing these challenges demands modern tools and methods that enable decision-makers at various levels to navigate uncertainty and mitigate constantly evolving risks.

Effective management of such threats in wartime conditions is not limited to rigid protocols but depends on the creation of dynamic, adaptive systems capable of responding to new and unforeseen challenges. This two-component structure – emphasizing planning first, followed by response measures – highlights the importance of preparedness as the foundation of effective emergency management. Successful management of radiation and chemical threats begins long before an incident occurs and involves strategic planning, training, and the establishment of management structures that ensure rapid and coordinated response.

**Purpose of the study:** development of a scientifically grounded system of approaches, mechanisms, and practical guidelines for effective planning and response to chemical, radiological, and nuclear emergencies.

**Research methods:** systems analysis, information-analytical method, comparative analysis, modeling method, and risk management methods.

**Theoretical value of the study:** the theoretical significance lies in conceptual approaches to the classification of threats and responses to them, taking into account innovative approaches and technologies.

**Practical value of the study:** the practical results can be applied in the development of algorithms and recommendations for government authorities, the military, emergency services, and critical infrastructure facilities regarding operational planning and response to chemical, radiological, and nuclear incidents.

**Originality:** the study lies in its integrative approach to forming an effective response system to radiation and chemical threats, combining elements of strategic planning, tactical preparation, and operational response.

**Future research:** a promising direction for further studies is the exploration of socio-psychological aspects of response, public awareness of actions during such incidents, as well as monitoring and evaluating the effectiveness of implemented measures.

**Keywords:** radiation protection, chemical protection, incidents, radiological hazard, nuclear threat, emergencies, response.

### Вступ

Реагування на хімічні, радіологічні та ядерні (РХЯ) інциденти є складним завданням через їхній безпосередній вплив, потенційно далекосяжні наслідки та довготривалі наслідки.

Такі інциденти можуть призвести до надзвичайних ситуацій у сфері охорони здоров'я, соціальних потрясінь, психологічних травм, деградації довкілля та значних економічних втрат. Крім того, РХЯ події часто ставлять під загрозу надання основних послуг, функціонування критичної інфраструктури та торгівлю, що викликає страх і підриває довіру в постраждалих громадах.

Для ефективного зменшення ризиків РХЯ вкрай важливо розробити та впровадити комплексну стратегію, яка охоплює запобігання, виявлення, планування, реагування та відновлення. Ця стратегія має застосовувати багатовимірний підхід, інтегруючи оцінювання ризиків, розробку планів, розподіл ресурсів, технологічні досягнення, спеціалізовану експертизу та скоординовані зусилля відповідних відомств. Важливою також є надійна правова база, яка забезпечує чіткі закони, політики та процедури, що визначають ролі й обов'язки, санкціонують надзвичайні заходи та обґрунтовують використання надзвичайних повноважень для забезпечення своєчасного й ефективного реагування.

## **2. Теоретичні основи дослідження**

Дослідження ефективного планування та реагування у сфері хімічної, радіологічної та ядерної безпеки в умовах війни в Україні базується на комплексному теоретичному підході, що враховує особливості сучасної війни та нові виклики безпекового середовища. Війна в Україні створила унікальні умови, за яких традиційні моделі цивільного захисту та реагування на надзвичайні ситуації виявились недостатньо ефективними. Це зумовило необхідність переосмислення існуючих теоретичних концепцій та розробки нових моделей, адаптованих до постійної загрози бойових дій, терористичних актів і можливого застосування зброї масового ураження.

Основою теоретичних засад є системний підхід, який дозволяє розглядати сферу ХРЯ-безпеки як багаторівневу і багатофункціональну систему. Ця система об'єднує органи державної влади, місцеве самоврядування, силові структури, медичні служби та громади, які повинні діяти узгоджено і злагоджено, незважаючи на складні умови воєнного часу. Такий підхід дозволяє не лише ідентифікувати ризики, а й визначити шляхи мінімізації їхнього впливу, забезпечуючи стійкість інфраструктури та безпеку населення.

Важливою складовою є концепція національної стійкості, яка у воєнних умовах набуває особливого значення. Вона означає здатність держави, суспільства та окремих регіонів витримувати, адаптуватись до надзвичайних ситуацій та швидко відновлюватись після них. Для України ця концепція включає можливість локальної автономії у сфері захисту населення, враховуючи, що деякі території можуть тимчасово втрачати ефективний зв'язок із органами влади через постійні бойові дії.

Теоретично важливим є використання адаптивного управління ризиками, що базується на постійному моніторингу ситуації, прогнозуванні потенційних загроз і коригуванні планів реагування залежно від динаміки бойових дій і наявних ресурсів. Такий підхід дозволяє уникнути ригідності традиційних моделей і швидко реагувати на нові виклики, які можуть з'явитися у будь-який момент.

В умовах гібридної війни велике значення має теорія інформаційної безпеки та протидії паніці. Поширення дезінформації, чуток про можливе застосування хімічної або біологічної зброї здатне викликати масову паніку, що ускладнює роботу служб реагування та дестабілізує суспільство. Теоретично ця проблема вирішується через формування ефективних каналів комунікації, навчання населення та створення алгоритмів швидкого реагування на інформаційні загрози.

Таким чином, теоретичні основи дослідження інтегрують міждисциплінарні підходи, адаптовані до умов війни в Україні. Вони забезпечують науковий фундамент для розробки інструкцій і систем ефективного планування та реагування, що здатні мінімізувати наслідки ХБРЯ-загроз і підвищити стійкість українського суспільства в умовах сучасних викликів.

## ОСОБЛИВОСТІ ПЛАНУВАННЯ В УМОВАХ ВІЙНИ РАДІАЦІЙНОГО ТА ХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ

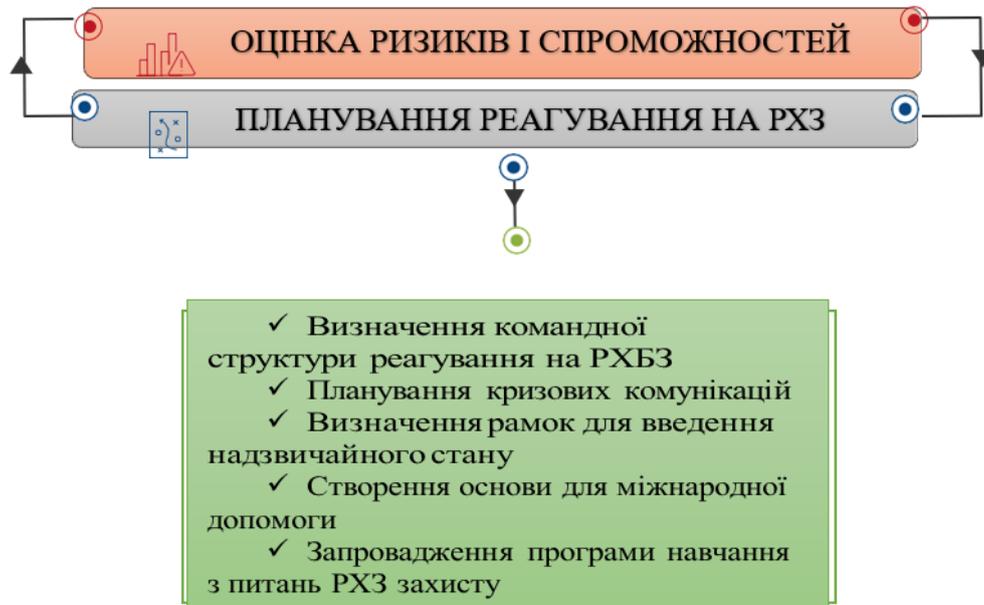
Планування є наріжним каменем ефективного реагування на РХЗ інциденти, забезпечуючи структурований і проактивний підхід до виявлення ризиків, встановлення пріоритетів і розвитку необхідних спроможностей для протидії широкому спектру потенційних загроз. Завдяки комплексному плануванню керівники відповідальні за радіаційний та хімічний захист та служби реагування отримують стратегії, ресурси та налагоджують партнерства, необхідні для пом'якшення наслідків таких інцидентів для здоров'я населення, безпеки та національної безпеки загалом.

Оцінювання ризиків і спроможностей є центральним елементом процесу планування, надаючи важливу інформацію про РХЗ-загрози та вразливості, а також ресурси, необхідні для своєчасного й ефективного реагування. Результати цих оцінювань безпосередньо впливають на розробку планів реагування, які визначають конкретні дії, процедури та протоколи для усунення виявлених ризиків.

Процес планування також визначає пріоритети розвитку національних спроможностей, забезпечуючи належний розподіл життєво важливих ресурсів, таких як підготовлений персонал, обладнання, медичні засоби та відповідна інфраструктура. Регулярні перегляди та оцінювання є невід'ємною частиною процесу планування, що забезпечує відповідність спроможностей реагування національним потребам, пріоритетам і загрозам. Постійна оцінка забезпечує узгодженість планів реагування з національними та міжнародними стандартами, дозволяючи своєчасно вносити зміни й безперервно вдосконалювати загальну структуру готовності.

У цьому розділі подано огляд основних принципів планування та включено підрозділи, що зосереджуються на ключових елементах, які необхідно враховувати в планах реагування. Ці підрозділи містять рекомендації щодо важливих аспектів, таких як створення Уніфікованої командної структури, розробка стратегій інформування громадськості та комунікації, визначення повноважень у надзвичайних ситуаціях і правових рамок для оголошення надзвичайної ситуації, а також створення основ для міжнародного співробітництва й допомоги.

Інтеграція цих елементів у процес планування забезпечує створення стійкої та адаптивної структури, що гарантує скоординоване й швидке реагування на РХБЗ інциденти.



### 1.1. Оцінювання ризиків

Оцінювання ризиків є одним із ключових елементів планування РХЗ. Систематично визначаючи, аналізуючи та встановлюючи пріоритетність загроз і вразливостей, оцінювання ризиків гарантує, що зусилля з планування зосереджуються на найбільш вірогідних і значущих

ризиках. Воно забезпечує критичне розуміння ймовірності та впливу потенційних загроз, сприяючи ефективному розподілу ресурсів і завчасному плануванню.

Оцінювання ризиків також відіграє важливу роль у розробленні ефективних Планів реагування на РХБЗ, визначаючи ситуації та місця підвищеного ризику та окреслюючи необхідні дії для їх усунення. Оцінювання допомагає розробити реалістичні плани, які враховують наявні ресурси, а також спрямовує зусилля з навчання, щоб забезпечити належну підготовку персоналу до управління пріоритетними ризиками.

#### **Ключові дії:**

##### **1) Ідентифікація загроз**

Загрози охоплюють потенційні небезпеки, такі як матеріали РХЗ або небезпечні речовини, а також події чи суб'єкти, які можуть призвести до їх вивільнення або неконтрольованого поширення. Ці загрози виникають із трьох основних джерел: навмисні дії, як-от тероризм, промисловий саботаж або перетворення небезпечних матеріалів на зброю; випадкові інциденти, такі як промислові аварії з розливами та їх випаровуванням, нещасні випадки на виробництві, транспортні аварії чи відмова обладнання; і природні події, як-от землетруси, екстремальні погодні умови або геологічні зміни, що можуть пошкодити системи локалізації чи розповсюдити небезпечні речовини.

Ідентифікація загроз зосереджується на розпізнаванні потенційних РХЗ-загроз, їхніх джерел, областей потенційного впливу та подій або механізмів, за допомогою яких вони можуть виникнути, усе це в конкретному контексті країни. Сценарії часто розробляються на основі поточної ситуації в країні, історичних даних, минулих інцидентів та експертних аналізів. Слід також враховувати нові загрози, як-от зловмисне використання бойових отруйних речовин, безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та штучного інтелекту (ШІ), щоб охопити ризики, які розвиваються.

Для збору відповідної інформації при ідентифікації загроз використовуються різні механізми, зокрема структуровані інтерв'ю, споріднене групування, аналіз джерел ризику, контрольні списки та аналіз сценаріїв. Характеристика цих загроз потребує визначення відповідної сфери. Важливо, щоб вона не була надто широкою, що ускладнить розробку дієвих стратегій, і не надто вузькою, що може призвести до надмірної деталізації та ускладнить ефективну пріоритизацію. Дані звітів, історичних інцидентів та експертні оцінки відіграють вирішальну роль у характеристиці загроз, допомагаючи оцінити як ймовірність кожної загрози, так і її потенційні наслідки в рамках ширшого процесу оцінювання ризиків.



- ХІМІЧНА ЗАГРОЗА (навмисний викид хлору в населеному пункті).



- РАДІОЛОГІЧНА ЗАГРОЗА (викрадення радіологічних матеріалів з медичних чи промислових об'єктів або неналежна утилізація, що призводить до потенційного опромінення або забруднення).



- ЯДЕРНА ЗАГРОЗА (значна аварія на об'єкті, що призводить до ядерної аварії).

##### **2) Оцінка вразливостей**

У той час, як ідентифікація загроз зосереджується на потенційних сценаріях, аналізуючи джерела та характер можливих РХЗ – інцидентів, оцінка вразливостей визначає слабкі місця та вразливості систем критичної інфраструктури та населення, які можуть бути використані цими виявленими загрозами. Разом вони формують основу комплексного процесу оцінювання ризиків. З метою полегшення процесу прийняття рішень, особливо шляхом зосередження ресурсів на комбінаціях загроз і вразливостей із високим ризиком, можна розробити об'єднаний реєстр, який узгоджує виявлені загрози з відповідними вразливостями.

Оцінка вразливостей передбачає виявлення слабких місць в інфраструктурі, операційній готовності та людському факторі, що можуть посилити наслідки РХБЗ інциденту. Ключові аспекти, які слід враховувати після визначення загрози, зокрема:

|  |
|--|
| <b>ХІМІЧНА ЗАГРОЗА</b>   |
| <b>Навмисний викид хлору в міській зоні</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Вплив на населення: райони з високою щільністю населення, школи та лікарні поблизу місця викиду збільшують ризик значних жертв.</li> <li>✓ Готовність системи охорони здоров'я: недостатня лікарняна спроможність, брак апаратів штучної вентиляції легень та обмежені запаси ускладнюють лікування.</li> <li>✓ Реагування на надзвичайні ситуації: обмежений доступ до підготовлених команд з небезпечних матеріалів, підрозділів з можливістю проведення деконтамінації та засобів захисту може перешкоджати реагуванню.</li> <li>✓ Метеорологічні чинники: непередбачувані пориви вітру можуть швидко розповсюджувати речовину, збільшуючи зону ураження.</li> <li>✓ Інформування громадськості та протоколи евакуації: неналежні системи оповіщення населення та плани евакуації можуть призвести до затримки вжиття захисних заходів.</li> </ul> |
| <b>РАДІОЛОГІЧНА ЗАГРОЗА</b>  |
| <b>Викрадення або неналежна утилізація радіологічних матеріалів</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Слабкі сторони безпеки: неналежний фізичний захист на радіологічних сховищах може збільшити ризик викрадення або втрати небезпечних матеріалів.</li> <li>✓ Прогалини у відстеженні та відновленні: Відсутність комплексних систем відстеження може затримати виявлення зниклих матеріалів.</li> <li>✓ Ризики для населення: Неналежна утилізація або випадкове опромінення можуть наразити на небезпеку громади, що проживають поблизу радіологічних об'єктів.</li> <li>✓ Проблеми регуляторного нагляду: Недостатній контроль за дотриманням протоколів радіаційної безпеки може призвести до неналежного поводження та транспортування.</li> </ul>  |
| <b>ЯДЕРНА ЗАГРОЗА</b>  |
| <b>Значна аварія на ядерному об'єкті, що призвела до витоку радіації.</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Географічні ризики опромінення: Близькість ключової інфраструктури (такої як системи водопостачання, сільськогосподарські угіддя та транспортні мережі) до об'єкта збільшує потенціал для широкого розповсюдження забруднення.</li> <li>✓ Прогалини в готовності до надзвичайних ситуацій: Неналежні або застарілі плани евакуації та недостатня кількість протирадіаційних укриттів можуть зробити населення вразливим до радіаційного опромінення.</li> <li>✓ Обмежений потенціал реагування: Нестача обладнання для виявлення радіації, пунктів спеціальної обробки техніки та обладнання може уповільнити реагування.</li> <li>✓ Довгострокові ризики для здоров'я: Відсутність системи а медичного моніторингу може ускладнити довгострокові оцінки стану здоров'я та лікування.</li> </ul>  |

Належна оцінка вразливості гарантує, що плани реагування визначають пріоритетність найбільш критичних ризиків, узгоджуючи заходи з пом'якшення наслідків з реальними обмеженнями. Регулярні оновлення, планування на основі сценаріїв і міжвідомча взаємодія та координація є ключовими аспектами для підвищення готовності та стійкості до РХЗ-загроз.

### 3) Оцінювання впливу

Після ідентифікації загроз і вразливостей здійснюється оцінювання впливу, що визначає потенційні наслідки цих загроз з огляду на вразливості. Це передбачає аналіз величини та масштабу ймовірних наслідків події (наприклад, пошкодження інфраструктури, обмеження доступу або порушення надання послуг), а також наявність резервних ресурсів. Процес є детермінованим: моделюється послідовність відмов та їх часові характеристики до досягнення стабільного стану, що дозволяє зрозуміти динаміку розвитку впливу в часі. Вплив може бути класифікований за п'ятьма рівнями: від мінімального (найменш серйозного) до катастрофічного (найбільш серйозного).

| РІВЕНЬ ВПЛИВУ  | ОПИС   | БАЛ |
|----------------|--|-----|
| Мінімальний    | Обмежений вплив, легко піддається відновленню              | 1   |
| Незначний      | Короткочасні, контрольовані наслідки                       | 2   |
| Помірний       | Значний вплив, що потребує ресурсів для відновлення        | 3   |
| Значний        | Серйозний вплив із поширеними та довготривалими наслідками | 4   |
| Катастрофічний | Руйнівний, невідновний або незворотний вплив               | 5   |

#### 4) Оцінка ймовірності

Після оцінювання загроз, вразливостей та їхніх потенційних наслідків, ймовірність виникнення цих подій можна включити до аналізу для забезпечення комплексного оцінювання ризиків. Оцінка ймовірності визначає вірогідність реалізації кожної загрози, незалежно від її причини (навмисної, випадкової чи природної). Цей процес використовує розвідувальні та історичні дані, а також тенденції для оцінки частоти виникнення подій. При цьому враховуються новітні технології, географічні фактори та людські помилки для уточнення ймовірностей.

Мета оцінки – надати практичні аналітичні дані, що слугуватимуть основою для визначення пріоритетності ризиків. Регулярні оновлення забезпечують відповідність оцінок ймовірності актуальним загрозам, вразливостям і можливостям пом'якшення наслідків.

| Ймовірність    |                             | Наслідки |       |         |        |                |
|----------------|-----------------------------|----------|-------|---------|--------|----------------|
|                |                             | 1        | 2     | 3       | 4      | 5              |
|                |                             | Незначні | Легкі | Середні | Значні | Катастро-фічні |
| 5              | Велика ймовірність          | с        | в     | к       | к      | к              |
| 4              | Ймовірно                    | с        | в     | в       | к      | к              |
| 3              | Можливо                     | н        | с     | в       | к      | к              |
| 2              | Малоймовірно                | н        | н     | с       | в      | к              |
| 1              | Лише за виняткових обставин | н        | н     | с       | в      | в              |
| Ступінь ризику |                             |          |       |         |        |                |
| Низький        |                             | Середній |       | Високий |        | Катастрофічний |

#### 5) Обчислення ризику

| ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЗАГРОЗИ          |   | ОЦІНКА РИЗИКУ  |  |
|--------------------------------|---|--|--|
| Загроза                        | Вразливість   | Вплив  | Ймовірність                              |
| Які існують конкретні загрози? | Які існують критичні слабкості, системні прогалини чи вразливості, що можуть бути використані або скомпрометовані виявленими загрозами? | Які потенційні наслідки, якщо ця загроза матеріалізується? | Яка ймовірність виникнення цієї загрози? |

| Фактори   | Тип загроз      |                  |                        |                        |
|---|-----------------|------------------|------------------------|------------------------|
|   | Транспортування | Промисловість    | Військові конфлікти    | Тероризм               |
| Кількість хімічно небезпечної речовини          | від 0,1 до 60 т | від 0,1 до 100 т | не можливо передбачити | не можливо передбачити |
| Доступність                                     | низький         | середній         | високий                | середній               |
| Можливість запобігання                          | низька          | середня          | низька                 | низька                 |
| Можливість попереднього прогнозування наслідків | лише приблизно  | можливо          | лише приблизно         | лише приблизно         |

| Фактори  | Тип загроз       |                  |                        |                        |
|--|------------------|------------------|------------------------|------------------------|
|  | Транспортування  | Промисловість    | Військові конфлікти    | Тероризм               |
| Можливість попереднього аварійного планування    | лише приблизно   | можливо          | лише приблизно         | лише приблизно         |
| Вплив сторонніх факторів                         | високий          | середній         | низький                | високий                |
| Складність ідентифікації загрози                 | середня          | низька           | середня                | висока                 |
| Масштаби та наслідки                             | локально-середні | локально-середні | локально-катастрофічні | локально-катастрофічні |
| Складність проведення аварійно-рятувальних робіт | середня          | середня          | висока                 | висока                 |

## 1.2. Оцінювання спроможностей в управлінні ризиками РХЗ

Оцінювання спроможностей визначає здатність країни реагувати на РХБЗ інциденти та відновлюватися після них. Воно передбачає вивчення наявності навченого персоналу, спеціалізованого обладнання, оперативних планів та інфраструктури, необхідних для ефективного реагування. Комплексне оцінювання допомагає виявити прогалини, забезпечуючи скоординований підхід до пом'якшення наслідків ризиків РХЗ. Ключові компоненти оцінювання спроможностей включають:

|  |   |
|--|---|
| <b>Людські ресурси та навчання</b>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Наявність підрозділів первинного реагування, зокрема рятувальників, особового складу з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, пов'язаних з небезпечними матеріалами, медичного персоналу та правоохоронних органів.</li> <li>✓ Рівень готовності, що забезпечується навчальними програмами, включно зі спільними навчаннями та тренуваннями з реагування на надзвичайні ситуації.</li> <li>✓ Навички роботи зі спеціалізованим РХЗ-обладнанням та дотримання встановлених протоколів реагування.</li> </ul> |
| <b>Обладнання та технології</b>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ЗІЗ для підрозділів первинного реагування та медичного персоналу. Прилади виявлення РХЗ-загроз.</li> <li>✓ Засоби деконтамінації для уражених осіб та спеціальної обробки для навколишнього середовища.</li> <li>✓ Медичні контрзаходи, включаючи вакцини та фармацевтичні препарати.</li> </ul>   |
| <b>Система охорони здоров'я та екстрена медична допомога</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Готовність лікарень до масового надходження постраждалих, включно з наявністю ізоляторів для інфекційних хворих.</li> <li>✓ Координація між органами громадського здоров'я та підрозділами реагування на надзвичайні ситуації. Забезпечення запасів і розподіл медикаментів та обладнання, специфічних для реагування на РХЗ.</li> </ul>   |
| <b>Оперативні плани та системи зв'язку</b>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Чіткі СОП, узгоджені з національними та міжнародними рамками реагування.</li> <li>✓ Заходи забезпечення громадської безпеки, включаючи стратегії евакуації та інформування про ризики. Механізми міжвідомчої взаємодії для оперативного прийняття рішень.</li> </ul>   |

Належне оцінювання спроможностей гарантує, що вразливості, виявлені під час оцінювання ризиків, усуваються шляхом удосконалення механізмів готовності та реагування. Шляхом систематичної оцінки людських ресурсів, технологій, спроможності охорони здоров'я, інфраструктури та правових рамок країни можуть підвищити стійкість до РХЗ-загроз, забезпечуючи ефективніше та скоординоване національне реагування.

Оцінювання ризиків, що включає ідентифікацію загроз та оцінювання вразливостей, визначає ймовірність і потенційний вплив РХБЗ інцидентів. У той час як оцінювання вразливостей зосереджується на слабких місцях, таких як неадекватна інфраструктура, відсутність планів реагування на надзвичайні ситуації або висока щільність населення, оцінювання спроможностей вимірює сильні сторони та готовність механізмів реагування країни.

### Пов'язуючи результати цих оцінювань, особи, які приймають рішення, можуть:

1. Пріоритизувати розподіл ресурсів для усунення критичних вразливостей.
2. Удосконалити механізми реагування там, де наявних спроможностей недостатньо.
3. Підвищити національну стійкість шляхом цільового навчання та інвестицій.

Оцінювання вразливостей може виявити, що міським лікарням бракує засобів дезактивації у разі хімічного впливу, тоді як оцінювання спроможностей визначить, чи має система охорони здоров'я досвід, протоколи та обладнання для ефективного реагування на такі випадки. *Наприклад:*

**Вразливість в оцінюванні ризиків** зосереджується на слабких місцях та вразливостях інфраструктури, систем і населення, які можуть бути використані або посилити вплив РХЗ події. Воно визначає, що знаходиться під загрозою, та чому.

*Приклад хімічної загрози:* вразливість міста до атаки хлором може включати високу щільність населення, відсутність пунктів деконтамінації та погану циркуляцію повітря в системах метрополітену.

**Оцінювання спроможностей** оцінює наявні ресурси, потенціал і готовність системи до реагування та пом'якшення наслідків РХЗ інциденту. Він визначає, що є в наявності для зменшення ризиків, і наскільки ефективні ці ресурси.

*Приклад хімічної загрози:* Оцінювання спроможностей у конкретному місті охоплюватиме аналіз кількості підготовленого особового складу для реагування на хімічну загрозу з можливістю виконання різних завдань, планів екстреної евакуації та ефективності систем оповіщення населення.

Оцінка вразливості виявляє наявні ризики, тоді як оцінювання спроможностей визначає, чи достатньо механізмів реагування для їх усунення. Результати обох оцінок слугують основою для прийняття рішень щодо посилення готовності та стратегій реагування.

### 1.3. Планування реагування на РХБЗ

Планування РХЗ є критично важливим елементом національної та громадської готовності, що забезпечує ефективне реагування на інциденти, які становлять значний ризик для здоров'я населення, безпеки та довкілля. Ефективне планування РХБЗ передбачає розробку комплексних планів реагування, які визначають чіткі ролі та обов'язки, стандартні операційні процедури та механізми координації між зацікавленими сторонами. Він наголошує на ефективному управлінні ресурсами, включаючи ідентифікацію, розподіл та розгортання спеціалізованого обладнання, підготовленого особового складу й систем матеріально-технічного забезпечення.

**Ключові дії:**



### 1) Розробка планів реагування на РХБЗ

Плани реагування на РХЗ забезпечують комплексну структуру для управління РХБЗ інцидентами. Вони визначають чіткі ролі та обов'язки зацікавлених сторін, покращують міжвідомчу взаємодію та координацію і сприяють оперативному залученню особового складу. Завдяки оцінюванню ризиків, підтримці міжвідомчої взаємодії та забезпеченню готовності особового складу, ці плани спрямовані на пом'якшення наслідків інцидентів, захист життя та підвищення стійкості до складних надзвичайних ситуацій з серйозними наслідками.

Важливо, що ці плани визначають конкретні дії та протоколи для кожної фази реагування, встановлюючи чіткі механізми прийняття рішень та операційні процедури. Це передбачає детальні настанови щодо первинного оцінювання загрози, стратегій локалізації, процедур деконтамінації, медичного реагування, протоколів евакуації та комунікаційних стратегій. Завдяки попередньому визначенню цих дій, групи реагування можуть діяти швидше й систематичніше, зменшуючи невизначеність та мінімізуючи потенційну ескалацію інциденту.

Додатково, плани реагування на РХЗ мають бути адаптованими до загроз, що розвиваються, та включати заходи для довгострокового відновлення і підвищення стійкості з метою повернення до нормального стану після інциденту. Ці плани, як основний інструмент, узгоджують стратегічні цілі з тактичними підходами до комплексного управління надзвичайними ситуаціями.

Розробка ефективних планів реагування на РХБЗ є критично важливим першим кроком у забезпеченні готовності до таких подій.

| <b>Плани реагування повинні містити наступне:</b> |  |
|---|--|
| <b>Мета:</b>                                      | ✓ Чітко визначити основні цілі реагування, такі як захист життя, зменшення збитків і забезпечення швидкого відновлення.  |
| <b>Ролі та обов'язки:</b>                         | ✓ Визначити чіткі ролі та обов'язки для зацікавлених сторін, включаючи управління інцидентами, щоб кожна особа, залучена до реагування на інцидент, чітко розуміла свою роль і те, як вона взаємодіє з іншими. |
| <b>Конкретні дії та СОП:</b>                      | ✓ Визначити конкретні дії, які необхідно вжити на всіх критичних етапах реагування на РХЗ інцидент, а також непередбачені обставини та терміни.  |
| <b>Вимоги до ресурсів:</b>                        | ✓ Визначте ресурси, необхідні для підтримки ефективного реагування, зокрема людей, обладнання, об'єкти та фінансові ресурси.   |
| <b>Уніфікована командна структура (УКС):</b>      | ✓ Забезпечте злагоджену координацію між численними відомствами та юрисдикціями для досягнення узгодженого й ефективного реагування.  |

### 2) Управління ресурсами

Наступним кроком у плануванні є забезпечення наявності та ефективного розподілу ресурсів на основі результатів оцінювання ризиків та з урахуванням конкретних потреб, визначених і детально описаних у планах реагування.

Управління ресурсами охоплює такі аспекти:

| <b>Ідентифікація ресурсів, а саме:</b>                     |   |
|--|---|
| <b>Персонал:</b>   | Фахівці з відповідними знаннями, навичками, необхідними якостями, фізичною підготовкою та цінностями для ефективного реагування на РХЗ інциденти.   |
| <b>Обладнання та матеріали:</b>                            | Необхідні засоби, такі як засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) для осіб, що здійснюють реагування, пристрої для виявлення та ідентифікації (наприклад, датчики, радіаційні монітори), обладнання та матеріали для деконтамінації та медичні контрзаходи (наприклад, вакцини, антибіотики, таблетки йодиду калію). |
| <b>Об'єкти:</b>  | Визначені місця розташування тимчасових медичних закладів, пунктів деконтамінації, безпечних укриттів або евакуаційних пунктів.   |
| <b>Визначення пріоритетності ресурсів</b>                  |   |
| <b>Зони високого ризику (отримують найбільше ресурсів)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Зосередження уваги на областях із найвищою ймовірністю загрози та потенційним впливом</li> <li>✓ Пріоритет критичній інфраструктурі та густонаселеним регіонам</li> </ul>  |

| <b>Визначення пріоритетності ресурсів</b>                           |  |
|---|--|
| <b>Зони середнього ризику (отримують помірний рівень ресурсів):</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Вирішення сценаріїв помірної загрози та вразливостей</li> <li>✓ Підтримка готовності в районах, що межують із зонами високого ризику</li> </ul> |
| <b>Зони низького ризику (отримують меншу частину ресурсів):</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Підтримка базової готовності</li> <li>✓ Забезпечення можливості нарощування потенціалу та допоміжних функцій</li> </ul>                         |
| <b>Накопичення та розподіл, зокрема:</b>                            |  |
| <b>Стратегічне зберігання:</b>                                      | ✓ Підтримка резервів необхідних ресурсів у стратегічних місцях для швидкого доступу під час надзвичайних ситуацій.   |
| <b>Управління постачанням:</b>                                      | ✓ Створення надійного постачання для поповнення запасів під час тривалого реагування.  |
| <b>Стратегії розподілу:</b>   | ✓ Забезпечення швидкого розгортання ресурсів.  |

### 3) Нарощування потенціалу

Важливим заходом планування РХЗ є забезпечення готовності персоналу та відомств до ефективного реагування на РХЗ інциденти. Основна увага зосереджена на нарощуванні потенціалу, тестуванні планів і задоволенні потреб персоналу.

Комплексна кадрова стратегія охоплює такі ключові компоненти:

1. Спеціалізоване навчання: Регулярне та позапланове навчання гарантує, що особовий склад, який здійснює реагування, ознайомлений з конкретними елементами планів реагування, обладнанням і протоколами. Це також використовується для оцінки фізичного та психічного здоров'я персоналу, сприяючи підтримці стабільної працездатності під час інцидентів.

2. Міжвідомча взаємодія: Регулярні та спеціальні навчання, що забезпечують розуміння різними зацікавленими сторонами (наприклад, першими реагувальниками, посадовими особами охорони здоров'я та військовослужбовцями) ролей та обов'язків один одного. Навчання на етапі планування має важливе значення для підвищення оперативної сумісності, забезпечення взаємозамінності обладнання, мінімізації помилок, сприяння співпраці та оптимізації використання ресурсів.

3. Оцінка компетентності: Регулярна оцінка для забезпечення підтримки персоналом необхідних навичок, знань і готовності ефективно реагувати на РХЗ-загрози.

4. Розвиток лідерства: Регулярні та спеціальні тренінги, спрямовані на розвиток лідерських навичок з управління надзвичайними ситуаціями, прийняття важливих рішень в умовах війни та керівництва особовим складом під час ліквідації надзвичайних ситуацій.

5. Благополуччя персоналу та професійна підтримка: Постійна або, за потреби, підтримка психічного та фізичного здоров'я осіб, які здійснюють реагування, забезпечення їх доступом до консультаційних послуг, підтримки у відновленні та ресурсів, необхідних для досягнення оптимальних результатів.

6. Планування нарощування потенціалу: Забезпечення наявності достатньої кількості персоналу та ресурсів для швидкого масштабування зусиль у відповідь на масштабні надзвичайні ситуації, з розробкою планів реагування на випадок непередбачених обставин.

7. Навчання з інформування громадськості: Регулярні та спеціальні навчання для ознайомлення членів громади з розпізнаванням РХЗ-загроз, повідомленням про підозрілу діяльність та виконанням наказів про евакуацію або укриття на місці.

### 4) Перегляд та оцінка

Завершальним етапом циклу ПЛАНУВАННЯ РХБЗ є забезпечення ефективності, актуальності та адаптивності Планів реагування на РХБЗ до загроз і обставин, що змінюються. Плани є динамічними документами, які потребують постійного оновлення та перегляду на основі досвіду, отриманого під час реальних інцидентів, навчань або тренувань. Цей етап передбачає постійний аналіз складових планів, їх ефективності під час інцидентів або навчань, а також безперервне вдосконалення.

### Основні елементи ефективного перегляду та оцінки включають:

|  |
|--|
| 1. Визначення чітких цілей для процесу перегляду та оцінювання, як-от забезпечення готовності, виявлення недоліків або поліпшення міжвідомчої взаємодії.   |
| 2. Використання ключових показників ефективності для вимірювання успіху, як-от час реагування, ефективність розгортання ресурсів, відсоток уражених осіб, які отримали ефективне лікування, тощо. Це також охоплює застосування порівняльного аналізу для зіставлення результатів планів реагування з міжнародними стандартами (наприклад, МАГАТЕ, ОЗХЗ, ВООЗ) і передовим досвідом інших країн. |
| 3. Комплексний збір даних за допомогою оцінок ситуації з РХЗ, звітів про результати дій (наприклад, що спрацювало добре? що не спрацювало? що можна поліпшити?) і механізмів зворотного зв'язку (опитування, інтерв'ю або підсумкові наради із зацікавленими сторонами) тощо.  |
| 4. Залучення всіх відповідних зацікавлених сторін, зокрема перших реагувальників, правоохоронних органів, розвідки, посадових осіб охорони здоров'я, розробників політики та керівників громад.  |
| 5. Тестування планів на основі реальних сценаріїв (що базуються на минулих інцидентах), гіпотетичних сценаріїв (нові або потенційні загрози) та найгірших сценаріїв (здатність плану реагувати на масштабні інциденти або інциденти з великим впливом).  |
| 6. Залучення незалежної або сторонньої оцінки для отримання неупереджених відгуків або свіжих поглядів.  |
| 7. Ведення детальної документації щодо результатів перегляду та внесених змін.   |
| 8. Періодичність перегляду та оцінювання: регулярні перегляди (наприклад, щорічні або раз на два роки), оцінювання після інцидентів (негайні заходи з аналізу, що вживаються після кожного реального інциденту для вивчення отриманого досвіду) та оцінювання на основі навчань (оцінка реалізації планів після кожних навчань із врахуванням відгуків усіх зацікавлених сторін).                |

#### 1.4. Визначення командної структури для реагування на РХЗ

Чітка командна структура з ефективною міжвідомчою взаємодією, зрозумілими комунікаційними протоколами та єдиним стратегічним підходом має вирішальне значення для управління РХЗ інцидентами.

Хоча для реагування на інциденти існують різні системи управління, Уніфікована командна структура (УКС) особливо добре підходить для РХЗ інцидентів. УКС – це система спільного управління, яка забезпечує скоординоване міжвідомче прийняття рішень та оперативний контроль під час складних РХЗ-інцидентів. Вона дозволяє установам з різними юридичними, географічними та функціональними повноваженнями та обов'язками ефективно співпрацювати під скоординованим керівництвом, не впливаючи на індивідуальні повноваження, відповідальність чи підзвітність кожної установи. УКС забезпечує чітке прийняття рішень, ефективний розподіл ресурсів і безперервний зв'язок – елементи, які є життєво важливими для реагування на масштаб і складність РХЗ інцидентів, що часто вимагають інтеграції на місцевому та національному рівнях. Узгоджений з національним оцінюванням ризиків та адаптований до специфіки РХЗ загроз у країні, УКС має бути завчасно спланований, з чітко визначеними структурами, ролями, обов'язками та процесами прийняття рішень, відображеними в планах реагування на РХЗ.

##### Ключові дії:

1) Визначення структури УКС, ролей та обов'язків зацікавлених сторін попри свою інтегровану природу, УКС ретельно зберігає індивідуальні повноваження, відповідальність і підзвітність кожної установи-учасниці. УКС очолюють старші представники ключових відомств, які спільно несуть відповідальність за загальне керівництво та прийняття критично важливих рішень.

Для забезпечення ефективною координації та задоволення специфічних потреб, УКС повинен включати спеціалізовані групи, пристосовані до різних аспектів реагування на РХЗ, і які активуються за потреби для виконання конкретних завдань у межах їхньої компетенції. До них можуть входити групи оцінки ситуації для аналізу наслідків інциденту та прогнозування сценаріїв, групи управління ресурсами для розподілу необхідних матеріалів і персоналу, а також групи міжнародної координації для інтеграції іноземної допомоги, коли це потрібно. Групи прийняття рішень, до складу яких входять високопосадовці та профільні експерти, також відіграють ключову роль у визначенні потреби в оголошенні надзвичайного стану та внесенні

стратегічних коректив. Ці групи функціонують в рамках уніфікованої структури, використовуючи спеціалізований досвід для задоволення різноманітних вимог щодо реагування.

УКС функціонує на трьох рівнях управління інцидентами – стратегічному, тактичному та оперативному – залежно від масштабу та складності інциденту. Цей багаторівневий підхід забезпечує динамічну структуру реагування, що адаптується як до масштабних, так і до локалізованих інцидентів. Попри те, що базова структура УКС залишається незмінною на всіх рівнях, фокус і сфера дії варіюються, оскільки кожен рівень адаптовано до конкретних потреб і термінів.

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| <b>Стратегічний рівень:</b> | Здійснює нагляд за загальним управлінням надзвичайними ситуаціями, визначає політику, стратегічні рамки та напрями, а також координує ресурси високого рівня для керівництва зусиллями з реагування. |
| <b>Тактичний рівень:</b>    | Реалізує стратегічні рішення та координує заходи з реагування на оперативному рівні, поєднуючи стратегічні рішення з операціями на місці події.  |
| <b>Оперативний рівень:</b>  | Керує негайним реагуванням на місці інциденту, зокрема локалізацією, деконтамінацією та заходами громадської безпеки, і адаптує плани на основі поточної обстановки.                                 |

УКС розроблено як масштабовану систему, що адаптується до масштабу та складності РХЗ-інциденту, забезпечуючи таким чином плавний перехід від локалізованого до масштабного реагування. На етапі планування цю адаптивність забезпечують шляхом встановлення попередньо визначених порогових значень для масштабування операцій.

У таблиці нижче наведено приклад масштабованості:

|   |  |
|---|--|
| <br><b>Масштабний інцидент</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Повна активація всіх компонентів Об'єданого командування на стратегічному, тактичному та оперативному рівнях.</li> <li>✓ Окремі групи для кожної спеціалізованої функції.</li> <li>✓ Різні оперативні періоди.</li> </ul>   |
| <br><b>Невеликий інцидент</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Об'єднане командування може здійснюватися однією установою, поєднуючи стратегічний і тактичний рівні.</li> <li>✓ Спеціалізовані функції інтегровано в ширші організаційні підрозділи. Коротші оперативні періоди.</li> <li>✓ Переважно ресурси місцевих установ.</li> </ul> |

### 1.5. Визначення повноважень у надзвичайних ситуаціях та правових рамок для оголошення надзвичайного стану

Надзвичайний стан – це особливий правовий режим, який може тимчасово вводиться в Україні чи в окремих її місцевостях при виникненні надзвичайних ситуацій техногенного або природного характеру не нижче загальнодержавного рівня, що призвели чи можуть призвести до людських і матеріальних втрат, створюють загрозу життю і здоров'ю громадян, або при спробі захоплення державної влади чи зміни конституційного ладу України шляхом насильства і передбачає надання відповідним органам державної влади, військовому командуванню та органам місцевого самоврядування відповідно до цього Закону повноважень, необхідних для відвернення загрози та забезпечення безпеки і здоров'я громадян, нормального функціонування національної економіки, органів державної влади та органів місцевого самоврядування, захисту конституційного ладу, а також допускає тимчасове, обумовлене загрозою, обмеження у здійсненні конституційних прав і свобод людини і громадянина та прав і законних інтересів юридичних осіб із зазначенням строку дії цих обмежень. Ці повноваження, як правило, визначені в конституціях або законах про надзвичайний стан і призначені для забезпечення

швидких і рішучих дій. Однак, їх застосування має супроводжуватися чіткими обмеженнями та гарантіями захисту прав людини і громадянських свобод.

**Оголошення надзвичайного стану дозволяє органам влади:**

✓ Мобілізувати додаткові ресурси з регіональних, національних чи навіть міжнародних джерел, що дає змогу органам влади отримувати критично важливі запаси, залучати спеціалізований персонал та ефективно нарощувати зусилля з реагування.

✓ Прискорити процес прийняття рішень шляхом тимчасового уникнення бюрократичних перешкод, що дозволяє швидше приймати рішення та вживати заходів, які є життєво необхідними в ситуаціях, що вимагають оперативності, як-от РХЗ інцидент.

✓ Впровадьте посилені заходи контролю, такі як комендантська година, обмеження пересування, евакуація та збільшення присутності правоохоронних органів для підтримки правопорядку, проведення пошуково-рятувальних робіт, забезпечення дотримання надзвичайних правил і захисту критичної інфраструктури.

✓ Сприяйте збору розвідувальної інформації, збиранню та збереженню доказів з місця події.

**Ключові дії:**

1) Визначте правову основу для оголошення надзвичайного стану, щоб забезпечити ясність, легітимність і відповідність національному законодавству та міжнародним стандартам, що дозволить вживати рішучі заходи, захищаючи при цьому права та запобігаючи зловживанням владою.

2) Визначте процедуру оголошення надзвичайного стану. Зазвичай цей процес включає активацію заздалегідь визначених протоколів реагування на надзвичайні ситуації, проведення оцінок і отримання рекомендацій від профільних експертів, консультації з відповідними зацікавленими сторонами та видання офіційного оголошення через належні правові канали.

3) Визначте сферу дії надзвичайного стану. Чітко визначте повноваження, які надаються під час надзвичайного стану, включаючи реквізицію ресурсів, забезпечення карантинних заходів, введення комендантської години або проведення евакуації та обмеження пересування чи зібрань.

Включіть запобіжники, такі як судовий перегляд, парламентський контроль та часові обмеження, щоб запобігти зловживанню надзвичайними повноваженнями. Важливо визначити обмеження надзвичайного стану, щоб забезпечити юридичне обмеження цих повноважень задля запобігання зловживанням. Дії, що вживаються під час фаз реагування та відновлення повинні відповідати чинним законам і нормативним актам, із гарантіями нагляду та підзвітності.

5) Чітко визначте умови активації, наприклад, умови, за яких може бути оголошено надзвичайний стан. Країни мають заздалегідь встановлені критерії, які визначають умови, що зумовлюють оголошення надзвичайного стану, як правило, зосереджуючись на таких факторах, як:

- переважаність можливостей реагування,
- серйозність і ризик (наприклад, масштабний викид небезпечних РХЗ-агентів і матеріалів, значні загрози для здоров'я населення, безпеки або критичної інфраструктури), потенційна велика кількість жертв,
- необхідність вжиття надзвичайних заходів.

6) Призначення органу, уповноваженого оголошувати надзвичайний стан. Визначення органу, уповноваженого оголошувати надзвичайний стан, включно з положеннями про делегування повноважень у локальних ситуаціях і сценаріях, що вимагають національної координації.

7) Окресліть наслідки оголошення надзвичайного стану. Оголошення надзвичайного стану уможливорює швидку мобілізацію ресурсів, надаючи органам влади доступ до фінансування, персоналу та обладнання, що є критично важливими для реагування.

8) Слід визначити процедури після оголошення, зокрема механізми продовження, зміни або припинення дії надзвичайного стану залежно від змін обставин. Необхідно передбачити положення щодо прозорості комунікації з громадськістю та міжнародними партнерами для підтримки довіри та співпраці.

### **ОСОБЛИВОСТІ РЕАГУВАННЯ НА РАДІАЦІЙНІ ТА ХІМІЧНІ ЗАГРОЗИ В УМОВАХ ВІЙНИ**

Фаза реагування – це критичний період, що настає безпосередньо після РХБЗ-інциденту, під час якого активуються та реалізуються плани, розроблені на етапі планування. Цей етап передбачає єдине керівництво, швидку мобілізацію ресурсів, впровадження протоколів реагування на надзвичайні ситуації та скоординовану міжвідомчу взаємодію для мінімізації наслідків інциденту. Заходи реагування зосереджені на порятунку життя, запобіганні подальшим збиткам та локалізації РХЗ-загрози.

Реагування на РХБЗ – інциденти вимагає структурованого та систематичного підходу до прийняття рішень. Належно підготовлена структура реагування покращує оперативну сумісність між відомствами, забезпечуючи, щоб усі зацікавлені сторони розуміли свої ролі та обов'язки в надзвичайних ситуаціях.

Ефективне реагування базується на попередньо встановлених каналах зв'язку та механізмах обміну інформацією для забезпечення швидкої координації. Крім того, постійні навчання та тренування моделювання підвищують готовність, дозволяючи тим, хто реагує, перевіряти та вдосконалювати процедури реагування на надзвичайні ситуації в реалістичних умовах. Процес охоплює важливі елементи управління надзвичайними ситуаціями, зокрема оцінку, розподіл ресурсів, інформування громадськості та розслідування, і водночас забезпечує чіткі шляхи для залучення національних ресурсів, коли місцеві ресурси вичерпано. Ця оперативна структура забезпечує скоординоване й ефективне реагування, зберігаючи гнучкість для адаптації до різних типів і масштабів РХБЗ-інцидентів.

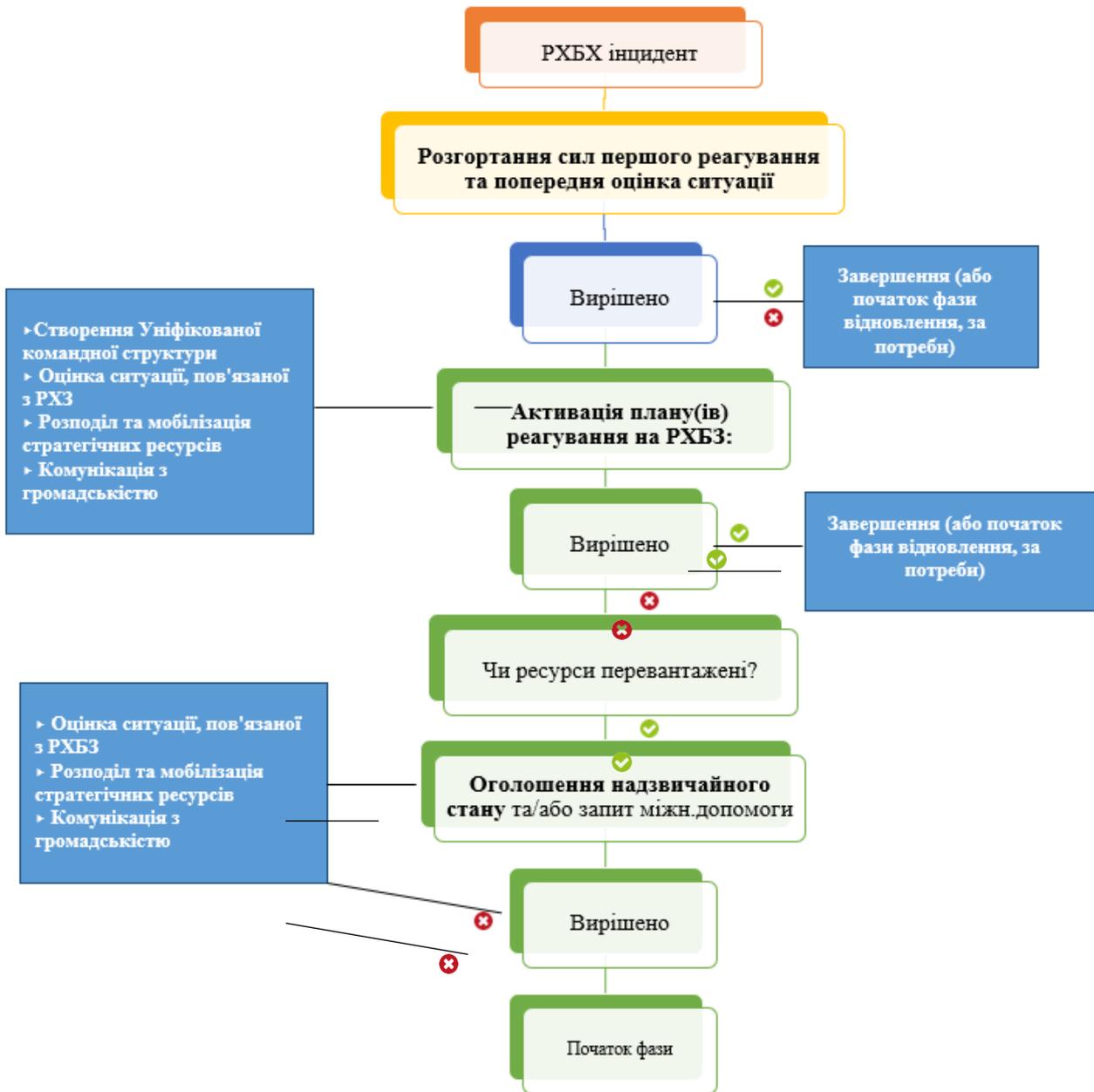
Наступна блок-схема ілюструє структурований підхід до управління РХБЗ інцидентом. Процес розпочинається з розгортання перших підрозділів реагування для оцінки ситуації. Якщо інцидент успішно врегульовано на цьому етапі, фаза реагування завершується.

Якщо ситуація залишається нерегульованою, створюється Уніфікована командна структура для координації реагування. У цей момент активується план реагування на РХЗ.

Ці плани базуються на інформації, зібраній під час первинної оцінки, для розподілу ресурсів, впровадження стратегій інформування громадськості та ініціювання розслідувань і збору розвідувальних даних відповідно до розвитку ситуації.

Якщо наявних ресурсів недостатньо для управління інцидентом, влада може оголосити надзвичайний стан та/або звернутися по міжнародну допомогу. Фаза реагування може включати кілька циклів оцінки, розподілу ресурсів, комунікації та розслідування, доки інцидент не буде взято під контроль. Після усунення безпосередньої загрози, реагування переходить у фазу відновлення.

Блок-схема є практичним посібником для груп РХБЗ та підрозділів реагування, що підтримує прийняття обґрунтованих рішень під час надзвичайної ситуації. Це підкреслює важливість безперервної оцінки та адаптивності, висвітлюючи потенційну ескалацію від локалізованого управління інцидентом до повномасштабного реагування на надзвичайні ситуації з міжнародною підтримкою.



## 2.1. Оцінка ситуації з РХБЗ

Оцінка ситуації з РХБЗ – це систематична, безперервна та комплексна оцінка умов, небезпек і ризиків під час РХБЗ-інциденту. Мета оцінки – надати особам, які реагують на інцидент, та особам, що приймають рішення, точну, своєчасну, релевантну та корисну інформацію для ефективного управління інцидентом, захисту населення та пом'якшення наслідків у постраждалих районах.

Ця поточна оцінка, що проводиться в режимі реального або близького до реального часу, є специфічною для інциденту та надає оперативну й постійну інформацію для керівництва заходами реагування, захисту життя, стримування загрози та мінімізації безпосередніх наслідків. Оцінка регулярно оновлюється на основі розвитку ситуації, зокрема, з урахуванням ефективності поточних заходів реагування.

Первинні оцінки РХЗ-інциденту зазвичай проводяться першими особами, які реагують на місці події, надаючи критично важливу інформацію для негайних дій. Однак, РХБЗ інциденти часто пов'язані з небезпеками, які неможливо виявити одразу, як-от віруси, радіоактивні матеріали або хімічні речовини. Враховуючи складність цих загроз, багаторівневий процес оцінювання є важливим для точного визначення серйозності, масштабу та ризику.

Оскільки дані оцінювання надходять з різних джерел і від різних експертів, чітко визначені внутрішні комунікаційні протоколи є життєво важливими. За їх відсутності можуть виникнути суперечливі оцінки, що призведе до нескоординованого або неефективного реагування. Тому комплексну оцінку РХБЗ-ситуації необхідно ініціювати на рівні Уніфікованої командної структури, залучаючи до структурованої співпраці перших осіб, які реагують, РХБЗ-фахівців, урядові установи та інші відповідні зацікавлені сторони. Цей інтегрований підхід гарантує, що як спостереження на місцях, так і експертний аналіз слугуватимуть основою для прийняття стратегічних рішень щодо реагування.

| <b>Оцінка РХБЗ ситуації має вирішальне значення для:</b>  |  |
|---|--|
| Ідентифікації типу та джерела загрози, зокрема її походження та характеру (наприклад, випадковий викид або навмисний напад).  |  |
| Оцінка безпосереднього та довгострокового впливу інциденту на здоров'я населення, безпеку, інфраструктуру, довкілля та економіку.   |  |
| Визначення ресурсів, необхідних для операцій з реагування та відновлення, зокрема персоналу, обладнання для обстеження, спеціалізованого обладнання для деконтамінації та медичного забезпечення. |  |
| Надання практичної інформації для підтримки прийняття тактичних і стратегічних рішень, що сприятиме ефективному реагуванню та відновленню.  |  |
| Надання чіткої та своєчасної інформації громадськості, особам, які здійснюють реагування, та іншим зацікавленим сторонам.   |  |
| Надання вичерпних звітів особам, які приймають рішення, та відповідним органам влади для подальших дій і планування.  |  |

#### **Ключові дії:**

1) Активувати міжвідомчу групу, відповідальну за оцінювання РХБЗ інциденту.

Активізація міжвідомчої групи ініціюється керівництвом Уніфікованої командної структури після первинної оцінки, проведеної першими підрозділами реагування. Активізація відбувається, коли потенційний або підтверджений РХБЗ-інцидент становить значні ризики та/або має складний характер, що вимагає залучення мультидисциплінарних експертів.

Функціонуючи як невід'ємна частина Уніфікованої командної структури, міжвідомча група надає експертні консультації, підтримує прийняття рішень і сприяє міжсекторальній координації.

До складу групи входять представники відповідних установ та експерти, зокрема, міністерств, органів охорони здоров'я, природоохоронних установ, спеціалізованих груп реагування, експерти з РХБЗ, військові, правоохоронні та розвідувальні органи (особливо у випадках підозри на навмисні інциденти).

2) Забезпечте своєчасний і точний збір даних. Група збирає інформацію з різних джерел, таких як:

| <b>ДЖЕРЕЛО</b>                                 | <b>ТИП ДАНИХ</b>   |
|--|--|
| <b>Оцінка на місці</b>                         | Спостереження на місці, звіти про негайний вплив, оцінювання ризиків.  |
| <b>Лабораторний аналіз</b>                     | Ідентифікація агента/матеріалу, рівні концентрації.  |
| <b>Моніторинг довкілля</b>                     | Якість повітря, рівні забруднення води.  |
| <b>Інформація про стан здоров'я населення.</b> | Госпіталізації, повідомлення про симптоми  |
| <b>Розвідка з відкритих джерел.</b>            | Повідомлення в соціальних мережах, новини, супутникові знімки, картографування та геоінформаційні системи (ГІС). |
| <b>Урядові звіти</b>                           | Офіційні заяви, міжвідомча взаємодія   |
| <b>Супутникові знімки.</b>                     | Географічне поширення, видимі екологічні наслідки  |
| <b>Консультації з експертами</b>               | Спеціалізовані знання, прогнозування ризиків   |
| <b>Вжиті заходи</b>                            | Хронологічний журнал заходів реагування, розгортання ресурсів, результати впроваджених заходів                   |

3) Аналізуйте дані та визначте пріоритетність найважливішої інформації

Група повинна насамперед визначити пріоритетність інформації, яка безпосередньо впливає на безпеку та ефективність реагування, як-от ідентифікація агента або матеріалу, швидкість поширення чи прогресування забруднення, серйозність і масштаб інциденту, населення, що перебуває в зоні ризику, наявність ресурсів і стан зусиль з локалізації.

Можна використовувати широкий спектр аналітичних інструментів і методів, зокрема пряме спостереження та виявлення, лабораторний аналіз, моделювання ризиків і небезпек (яке може включати розробку сценаріїв, погодні умови та демографічні чинники), звіти з місця події та експертну інтерпретацію.

#### 4) Регулярно готуйте звіти з оцінки ситуації

Група повинна регулярно готувати оцінки ситуації, пов'язаної з РХБЗ. Ці звіти забезпечують структурований підхід до представлення результатів оцінювання, гарантуючи, що вся важлива інформація про розвиток ситуації включена та легко доступна для всіх залучених установ. Рекомендовано встановити стандартизований формат звітності для представлення інформації щодо оцінки РХБЗ-ситуації, що забезпечить послідовність, повноту та чіткість у різних звітах і за різні періоди часу.

Інформація, яка зазвичай включається до оцінки РХБЗ-ситуації, містить:

| КАТЕГОРІЯ ІНФОРМАЦІЇ                                 | КЛЮЧОВІ ІНФОРМАЦІЙНІ ЕЛЕМЕНТИ  |
|--|--|
| <b>Основи інциденту</b>                              | - Час і місцезнаходження<br>- Тип РХБЗ-агента/матеріалу (якщо відомо)<br>- Джерело/причина (якщо відомо)<br>- Місцезнаходження інциденту   |
| <b>Поточний стан</b>                                 | - Уражена зона/периметр<br>- Поточні та прогнозовані погодні умови<br>- Спостережувані симптоми/наслідки<br>- Показники/вимірювання обладнання для виявлення та обстеження<br>- Поточні рівні небезпеки (низький, середній, високий)   |
| <b>Профіль населення та навколишнього середовища</b> | - Щільність населення та демографічні показники ураженої зони<br>- Ідентифікація вразливих груп (наприклад, літні люди, особи з інвалідністю та діти)<br>- Медичні аспекти та доступ до медичної допомоги<br>- Ключові екологічні фактори, зокрема інфраструктура та шляхи евакуації |

## 2.2. Розподіл та залучення необхідних сил та засобів

Реагування на РХЗ повинно адаптуватися до специфіки інциденту. РХЗ-інциденти, ймовірно, перевантажать місцеві можливості, що зумовить необхідність мобілізації ресурсів на регіональному, державному або навіть міжнародному рівнях. Ефективний розподіл, мобілізація та розгортання ресурсів є критично важливими для успішного реагування.

На оперативному рівні мобілізація ресурсів часто планується заздалегідь на основі встановлених протоколів і процедур. Наприклад, у разі РХЗ-інциденту місцеві служби первинного реагування, такі як оперативно-рятувальні служби, екстреної медичної допомоги, зазвичай відправляються негайно. Ці початкові заходи реагування, як правило, визначаються існуючими планами реагування на надзвичайні ситуації та стандартними операційними процедурами.

Натомість на стратегічному рівні управління ресурсами та їх розподіл передбачають планування та прийняття рішень на високому рівні з урахуванням довгострокових наслідків, стійкості ресурсів і міжвідомчої взаємодії. Такий стратегічний підхід гарантує не лише наявність ресурсів, а й їх ефективне використання та розподіл.

Управління ресурсами на стратегічному рівні набуває особливого значення під час масштабних інцидентів, що вимагають координації між різними юрисдикціями та тривалих часових рамок, оскільки воно враховує ширші наслідки та впливає на рішення, які визначають загальні зусилля з реагування.



## Ключові дії:



## 1) Визначення пріоритетності поточних потреб у ресурсах

Після первинної мобілізації ресурсів, керівники РХЗ на стратегічному рівні розпочинають складніший процес мобілізації ресурсів. Це потребує ретельного аналізу потреб, наявності ресурсів, їх розташування та визначення пріоритетності мобілізації.

Першим кроком є оцінка поточних потреб у ресурсах, як зазначено в оцінці ситуації з РХЗ. Мета цієї оцінки полягає у визначенні пріоритетності мобілізації ресурсів.

Існує низка загальних критеріїв, які необхідно враховувати під час визначення пріоритетності ресурсів, зокрема, але не обмежуючись:

- Захист людського життя, включаючи персонал, який здійснює реагування на РХБЗ
- Нейтралізація безпосередньої загрози, зокрема ідентифікація, ізоляція та локалізація джерела РХЗ

## 2) Оцініть наявні ресурси

Вкрай важливо розуміти, які ресурси доступні для задоволення потреб. Це потребує проведення аналізу прогалин, під час якого стратегічні командири порівнюють наявні ресурси з пріоритетними потребами. Іншими словами, оцінку можна обчислити наступним чином:

Результати цієї оцінки мають допомогти керівникам РХБЗ зрозуміти:

➤ які запитані ресурси доступні негайно

необхідна кількість – поточна наявність = дефіцит

➤ які запитані ресурси недоступні негайно, але можуть бути закуплені на національному рівні (наприклад, національні резерви, запаси тощо), та

➤ які запитані ресурси недоступні на національному рівні, але можуть бути запитані через міжнародні канали (наприклад, сусідні країни, міжнародні організації тощо).

З огляду на те, що рішення часто приймаються швидко, стратегічні команди повинні оперативіно оцінювати поточні рівні запасів, навички персоналу та готовність обладнання. Рекомендується розробити консолідовану міжвідомчу базу даних ресурсів РХБЗ під час фази планування.

У таблиці нижче наведено приклади візуалізації нестачі ресурсів:

| СПЕЦІАЛІЗОВАНІ КОМАНДИ                   |                            |   |                             |   |
|--|----------------------------|---|-----------------------------|---|
| Тип команди                              | Доступні                   | Статус/Примітки   | Поточні потреби             | Прогалина   |
| Групи експертів з РХБЗ                   | (напр., доступно 8 команд) | (напр., 6 оціночних груп активні, 2 групи в режимі очікування;<br>Час реагування: 15-30 хв)       | (напр., потрібно 10 команд) | (напр., -2)   |
| Оцінка стану довкілля                    |                            |   |                             |   |
| Криміналістичні підрозділи               |                            |   |                             |   |
| Сили спеціальних операцій                |                            |   |                             |   |
| Розвідувальні групи                      |                            |   |                             |   |
| Групи забезпечення безпеки               |                            |   |                             |   |
| МЕДИЧНІ РЕСУРСИ                          |                            |   |                             |   |
| Фахівці з питань впливу хімічних речовин | (напр., 20 співробітників) | (напр., 8 лікарів і 12 медсестер)<br>Час реагування: 15-30 хв)                                    | (напр., 30 співробітн.)     | (напр., -10)  |
| Мобільні медичні підрозділи              |                            |   |                             |   |
| Ресурси банку крові                      |                            |   |                             |   |
| Групи психологічної підтримки            |                            |   |                             |   |
| КРИТИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ                      |                            |   |                             |   |
| Медичне обладнання                       | (напр., 50 одиниць)        | (напр., 20 апаратів штучної вентиляції легень; 30 кисневих балонів.<br>Час розгортання: 15-30 хв) | (напр., 75)                 | (напр., -25<br>10 апаратів штучної вентиляції легень і 15 кисневих балонів) |
| Комунікаційне обладнання                 |                            |   |                             |   |
| Транспортні ресурси                      |                            |   |                             |   |
| ДОПОМІЖНА ІНФРАСТРУКТУРА                 |                            |   |                             |   |
| Аварійні укриття                         |                            |   |                             |   |
| Запаси їжі та води                       |                            |   |                             |   |
| Пункти командування та управління        |                            |   |                             |   |

### 3) Формулювання варіантів

Після отримання керівниками РХЗ та особами, які приймають рішення, інформації щодо: а) пріоритетності необхідних ресурсів; та б) фактичної наявності необхідних ресурсів, вони можуть розпочати формування оптимальної стратегії розподілу ресурсів.

На початковому етапі керівники РХЗ та особи, які приймають рішення, повинні надати детальну інформацію щодо кожного можливого способу дій, зокрема:

- ✓ можливий спосіб дій: конкретні кроки, які необхідно вжити для реагування на РХЗ інцидент;
- ✓ оцінений розподіл ресурсів: детальна інформація про необхідні ресурси;
- ✓ очікувані результати: прогнозовані результати впровадження запропонованого варіанту дій;
- ✓ обмеження: потенційні обмеження або виклики, пов'язані з цим варіантом дій.

### 4) Визначення оптимальної мобілізації ресурсів

Наступний крок – аналіз і визначення найбільш прийняттого варіанту мобілізації ресурсів. Для цього керівники РХЗ та особи, які приймають рішення на стратегічному рівні, повинні враховувати декілька факторів, зокрема:

|  |   |
|--|---|
| <b>Враховання впливу на стійкість:</b>                               | оцініть довговічність кожного варіанту. Рішення, що підтримують тривалі та стійкі зусилля з реагування, часто є ефективнішими, особливо при тривалих інцидентах.  |
| <b>Аналіз масштабованості та адаптивності дій:</b>                   | варіанти, які можна масштабувати або адаптувати в міру розвитку ситуації, забезпечують більшу гнучкість. Це важливо у випадку РХЗ інцидентів, де обсяг і масштаб забруднення можуть несподівано змінюватися. Командирам слід уникати одночасного розгортання всіх ресурсів, натомість зберігаючи резерви для забезпечення гнучкості |
| <b>Координація з міжвідомчими партнерами та отримання підтримки:</b> | проконсультуйтеся з іншими відомствами та партнерами, щоб обрані дії доповнювали загальні зусилля з реагування. Варіанти, що передбачають міжвідомчу взаємодію, можуть призвести до ефективнішого розподілу ресурсів.   |
| <b>Матеріально-технічне забезпечення:</b>                            | оцініть складність і швидкість мобілізації ресурсів до кожного місця надання допомоги.  |

Іншим інструментом, який можна використовувати для вибору оптимальної мобілізації ресурсів, є аналіз витрат і вигод для оцінки кожного варіанту за допомогою комплексного аналізу витрат і вигод.

Можна враховувати такі фактори:

| <b>ФАКТОР</b>        | <b>ОПИС</b>   |
|----------------------|---|
| <b>Вартість</b>      | Фінансові витрати, необхідні людські ресурси, час на впровадження               |
| <b>Переваги</b>      | Потенційно врятовані життя, захищена територія, довгостроковий позитивний вплив |
| <b>Ризики</b>        | Можливість невдачі, ненавмисні наслідки, проблеми масштабування                 |
| <b>Відповідність</b> | Наскільки добре варіант узгоджується із загальними стратегічними цілями         |

### 5) Розгортання ресурсів

Після визначення оптимального варіанта керівники РХЗ можуть розгортати ресурси. Рекомендується розглянути такі кроки:

1. негайно впровадити обраний варіант
  2. Призначити членам команди конкретні обов'язки з управління ресурсами
  3. Активувати заздалегідь розроблені протоколи логістики та управління постачанням
  4. Розпочати мобілізацію необхідних ресурсів відповідно до обраного варіанта
  5. Встановити графік розгортання та визначити контрольні точки для оцінювання прогресу.
- б) Моніторинг і коригування

Вкрай важливо, щоб керівники РХЗ та особи, які приймають рішення, постійно оцінювали як наявність ресурсів, так і потреби, зважаючи на розвиток ситуації. Складність розподілу та мобілізації ресурсів під час РХЗ інциденту зумовлена необхідністю збалансувати термінові дії з пильною увагою до безпеки, координації та адаптивності.

Керівникам РХЗ та особам, які приймають рішення, рекомендовано регулярно переоцінювати обрані варіанти, враховуючи:

- ✓ зміни концентрації або поширення РХЗ-агента, виявлення нових РХЗ-агентів;
- ✓ несподівані зміни погодних умов;
- ✓ неефективність поточних контрзаходів, що опускається нижче заздалегідь визначених порогових значень.

Керівники РХЗ та особи, які приймають рішення, повинні забезпечити інтеграцію системи моніторингу з оцінкою ситуації РХЗ, що дозволить оперативно коригувати розподіл ресурсів і стратегії розгортання.

### 2.3. Комунікація з громадськістю

Ефективна комунікація під час РХЗ-інциденту має вирішальне значення для забезпечення безпеки населення, зміцнення суспільної довіри та її підтримки. Прозора, своєчасна та достовірна інформація допомагає зменшити паніку, запобігти поширенню дезінформації, а також інформує громадськість про необхідні дії для захисту здоров'я та безпеки. Крім того, чітка, стисла та послідовна інформація має на меті запобігти надмірному зверненню населення до медичних та екстрених служб без нагальної потреби.

Чітка комунікація сприяє стійкості громади та підвищує загальну ефективність реагування на надзвичайні ситуації. Повідомлення, поширені урядом під час РХЗ-інциденту, надають важливу інформацію для підвищення безпеки населення, надаючи рекомендації щодо захисних дій та направляючи до джерел лікування або отримання додаткової інформації.

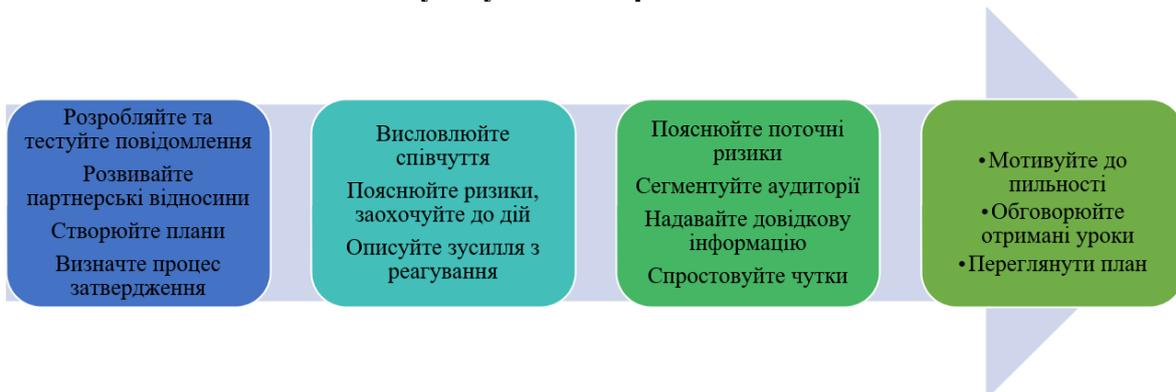
#### Ключові дії:

Часто, одразу після РХЗ-інциденту, бракує часу на проведення детальних консультацій з аварійно-рятувальними службами, органами охорони здоров'я або науковцями для розробки конкретних повідомлень, адаптованих до фактично випущеної речовини. Детальна інформація може стати доступною лише через кілька годин. Враховуючи ці виклики, є певні дії, які можна вжити для забезпечення ефективної комунікації під час РХЗ-інциденту.

#### 1) Активуйте наявні плани комунікації.

На початку реагування на інцидент важливо розпочати впровадження заздалегідь визначених комплексних комунікаційних стратегій і плану ключових контактів. Комунікація з громадськістю – це багатоетапний процес, який починається на етапі готовності та триває до етапу відновлення. Наприклад, Центр контролю та профілактики захворювань США (CDC), у рамках програми кризової та надзвичайної комунікації ризиків, пропонує чотири етапи комунікації:

### Підготовка Початкове Обслуговування Вирішення



## 2) Ініціювати роботу спільного інформаційного центру

Спільний інформаційний центр має бути створений для координації комунікаційних зусиль між усіма залученими установами та зацікавленими сторонами, забезпечуючи проведення узгодженої кампанії інформування громадськості. Фахівці зі зв'язків з громадськістю з усіх агенцій та організацій, які беруть участь у реагуванні на інциденти, координують і поширюють офіційну, своєчасну, точну, зрозумілу та послідовну інформацію для громадськості через спільний інформаційний центр, який може функціонувати як у фізичному, так і у віртуальному форматі.

## 3) Використовуйте заздалегідь підготовлені шаблони повідомлень

Використання заздалегідь підготовлених і відпрацьованих інформаційних матеріалів гарантує готовність усіх співробітників комунікаційних підрозділів до ефективного реагування під час інциденту. Інформація в цих повідомленнях має загальний характер і спрямована на надання максимальної кількості вказівок, попри початкову відсутність детальної інформації щодо характеру інциденту, кількості постраждалих, типу забруднювача, наслідків для здоров'я, масштабу атмосферного забруднення або впливу на навколишнє середовище. Такі специфічні деталі, як правило, з'ясовуються лише на пізніших етапах інциденту і визначають тип повідомлення для поширення.

Заздалегідь підготовлені повідомлення призначені для негайного розповсюдження через засоби масової інформації, зокрема телебачення та місцеві радіомережі, а також через інші канали, такі як онлайн-платформи й соціальні мережі. Одним із найважливіших прикладів заздалегідь підготовленого повідомлення є повідомлення про стримування ситуації.

Його основна мета – визнати факт настання ситуації, продемонструвати стурбованість і запевнити зацікавлені сторони в тому, що організація активно оцінює надзвичайну ситуацію та вживає заходів для її врегулювання. Початковий шаблон повідомлення про стримування ситуації, а також загальні шаблони для РХЗ інцидентів можуть бути використані як перша форма комунікації з громадськістю.

## 4) Формуйте чіткі повідомлення

Поширення чітких повідомлень серед населення є важливим для підтримки заходів реагування. Хоча оцінка контексту є важливою перед прийняттям рішення про обмін інформацією, існують загальні елементи, які варто враховувати під час підготовки повідомлення.

| Перед складанням повідомлення під час РХЗ інциденту критично важливо: |  |
|---|--|
| <b>Визначення та розуміння цільової аудиторії:</b>                    | Ідентифікація цільової аудиторії має важливе значення для визначення способу створення та поширення повідомлення. Завчасний розгляд цього питання може підвищити як вплив, так і ефективність поширення повідомлення. Різні аудиторії, залежно від їх зв'язку із ситуацією, матимуть різні пріоритети щодо інформаційних потреб.   |
| <b>Засоби комунікації та доступність:</b>                             | Після визначення цільової аудиторії важливо обрати найбільш відповідні засоби комунікації. Наявність і використання певних каналів комунікації, таких як телебачення, радіо, текстові повідомлення, соціальні мережі та друковані ЗМІ, можуть варіюватися залежно від інфраструктури, індивідуальних переваг, соціальних норм і рівнів доходу, які впливають на фізичний доступ до інформації. Доступ до цих каналів також визначається такими факторами, як мова, грамотність, освіта, словниковий запас, а також можливості зору чи слуху. Під час РХЗ інциденту можуть бути застосовані інші нетрадиційні засоби. |

**Під час розробки повідомлення** надзвичайно важливо враховувати, що його обсяг, формат і рівень деталізації залежатимуть від каналу комунікації та цільової аудиторії. Наприклад, для публікації в соціальних мережах потрібне коротке повідомлення, подане візуально або графічно, щоб досягти більшого впливу. До аспектів, які необхідно враховувати, належать:

- Вичерпний, але водночас простий опис ситуації, включно зі способом поширення агента, та загальний огляд зусиль урядових органів із реагування.
- Інструкції щодо заходів безпеки та настанови з оцінки ризиків.

- Райони, яких слід уникати; обмеження на пересування; порядок евакуації та зміни в організації транспортного сполучення тощо.

Крім того, важливо:

✓ Забезпечити надання інформації різними мовами та в доступних форматах (наприклад, для осіб з інвалідністю).

✓ Визнавати неоднозначність і невизначеність, а також імовірність того, що дії можуть знадобитися до отримання повної інформації. Наприклад, працівники зі зв'язків із громадськістю можуть використовувати такі формулювання: «Ситуація наразі розвивається, і ми очікуємо оновлення найближчим часом». Будьте готові обговорювати зміни ситуації та заходи, яких вживають для заповнення прогалин в інформації.

✓ Надавайте регулярні оновлення, щоб інформувати громадськість про розвиток ситуації та протидіяти дезінформації. Регулярна комунікація, зокрема оновлення щодо реагування на надзвичайні ситуації, є особливо важливою в періоди невизначеності, коли громадськість може бути змушена чекати, а результати реагування можуть бути не одразу помітними. Чіткі й послідовні повідомлення допомагають боротися зі чутками, дезінформацією та дезінформацією, зменшуючи невизначеність і зміцнюючи довіру шляхом надання своєчасної, правдивої та перспективної інформації.

✓ Забезпечте співпрацю з експертами з РХЗ для ефективного надання даних, які допомагають людям приймати обґрунтовані рішення. Ці експерти можуть роз'яснити обґрунтування прийнятих рішень і сприяти розумінню того, як результати оцінки були використані для визначення необхідних дій. Цю інформацію слід доносити у зрозумілій формі, уникаючи надмірно технічної термінології, де це можливо.

✓ Якщо повідомлення передається особисто, важливо обрати відповідного представника - бажано особу з попереднім досвідом або підготовкою та надійну, добре відому громадськості.

✓ Особи, які приймають рішення, повинні перевірити зміст повідомлень, перш ніж доносити важливу інформацію до відома громадськості.

5) Враховуйте інші надійні джерела інформації.

Зважаючи на невизначеність, пов'язану з багатьма типами РХЗ інцидентів, та необхідність оперативних дій для порятунку життів і пом'якшення негативних наслідків, надзвичайно важливо використовувати всі доступні джерела інформації та експертизи. Численні ресурси, як-от наукові установи, приватні компанії та інші державні органи, можуть допомогти в оцінюванні ситуації, прогнозуванні поведінки та передачі збудника, оцінюванні потенційних наслідків і наданні рекомендацій щодо захисних заходів.

б) Взаємодія з громадськістю

Проводьте пресконференції, зустрічі з громадськістю та сесії запитань і відповідей, щоб вирішувати проблеми та відповідати на запитання громадськості. Надавайте чітку та прозору інформацію про ситуацію, включно з усіма відомими ризиками та заходами безпеки, вжитими для захисту населення. Забезпечте доступність інформації для всіх верств населення, використовуючи різні канали комунікації, такі як соціальні мережі, радіо та місцеві засоби масової інформації.

7) Відстежуйте та реагуйте на дезінформацію (ненавмисну) та дезінформацію (навмисну).

Дезінформація – це хибна або фактично неточна інформація, поширення якої не має на меті завдати шкоди. Натомість дезінформація – це неправдива інформація, свідомо створена з метою завдати шкоди окремій особі, соціальній групі, організації чи країні. Активно відстежуйте засоби масової інформації та соціальні мережі на наявність як дезінформації, так і неправдивої інформації, та оперативно надавайте точні виправлення.

#### **2.4. Розслідування, збір розвідувальних даних і судова експертиза**

Після РХЗ інциденту місце події стає критичною зоною як для реагування, так і для розслідування. Це стосується незалежно від того, чи є інцидент випадковим, природним або, можливо, злочинним.

З метою забезпечення громадської безпеки та ефективного реагування важливо розпочати розслідування якомога швидше. Це розслідування встановить причину, оцінить вплив і збереже докази для можливого судового провадження. Зрештою, це сприятиме запобіганню майбутнім інцидентам і зміцненню громадської безпеки. Усі дії – від збору доказів на місці події до будь-яких подальших судових проваджень – мають проводитися таким чином, щоб зберегти цілісність розслідування, одночасно надаючи пріоритет як громадській безпеці, так і ефективному реагуванню.

Розслідування, збір розвідувальної інформації та судова експертиза є критично важливими аспектами стратегічного реагування після РХЗ інциденту, незалежно від його причини (випадкової, природної чи навмисної). Це важливо з кількох причин:

✓ **Встановити причину інциденту:** Це допомагає керувати заходами реагування та запобігати майбутнім випадкам. Методи розслідування, такі як судова експертиза та збір розвідувальної інформації, відіграють ключову роль у цьому процесі.

✓ **Відповідальність і стримування:** Ідентифікація зловмисників та збір доказів дозволяють притягнути їх до відповідальності. Це стримує майбутні атаки, демонструючи наслідки застосування РХЗ.

✓ **Довіра громадськості:** Ретельне розслідування сприяє довірі громадськості, демонструючи прагнення притягнути винних до відповідальності та запобігти подібним інцидентам.

✓ **Запобігання майбутнім атакам:** Розуміння причини, наміру та можливостей, що стоять за інцидентом (якщо застосовно), дозволяє розробити превентивні заходи для усунення вразливостей і відвернення майбутніх атак.

✓ **Пом'якшення довгострокових ризиків:** Результати розслідування можуть виявити джерело РХЗ-агента та потенційне забруднення довкілля. Ці знання допомагають у вирішенні довгострокових ризиків для здоров'я та скеруванні зусиль з відновлення довкілля.

Ключові дії:

Після РХЗ інциденту успішне розслідування потребує скоординованих зусиль різних зацікавлених сторін, зокрема слідчих та розвідувальних органів, лабораторій, медичних працівників, природоохоронних агенцій, служб екстреного реагування, а також експертів у таких галузях, як епідеміологія, аналітична хімія, ядерна фізика, токсикологія, судова експертиза та екологія. У процесі розслідування ці зацікавлені сторони покладаються на важливу інформацію з різних джерел для прийняття обґрунтованих рішень.



1) Локалізація, забезпечення безпеки місця події та первинна оцінка

Ці першочергові заходи закладають основу для успішного розслідування інциденту, пов'язаного з РХЗ. Вони забезпечують безпеку слідчих, зберігають докази та надають необхідну інформацію для ефективного відстеження джерела атаки та ідентифікації причетних осіб. Ці першочергові заходи включають:

✓ Розробка комплексної стратегії для забезпечення безпеки ураженої території, з пріоритетом безпеки цивільного населення та служб екстреного реагування. Виділення ресурсів для встановлення безпечного периметра та впровадження заходів контролю доступу з метою збереження місця події.

✓ Стратегічне розгортання обладнання для виявлення та ідентифікації РХЗ-загроз для визначення характеру та масштабів РХЗ-загрози, спрямування зусиль зі збору доказів.

✓ Затвердження аналізу наявної розвідувальної інформації та свідчень очевидців для отримання інформації про ситуацію, виявлення первинних слідів і сприяння встановленню хронології подій.

✓ Ініціювання координації з національними та міжнародними агентствами реагування на РХЗ для отримання доступу до спеціалізованої експертизи та ресурсів для розслідування та проведення криміналістичних досліджень.

✓ Ініціювання каналів комунікації з громадськістю для надання чіткої та своєчасної інформації.

## 2) Збір і збереження доказів

Ретельний збір і збереження доказів є наріжним каменем успішних розслідувань РХЗ, оскільки вони проливають світло на характер і масштаби РХЗ-інциденту та забезпечують формування переконливої доказової бази. Це передбачає таке:

- Ініціювати розробку комплексного плану збору зразків доквілля, потенційних залишків реагентів та інших судово-медичних доказів, приділяючи першочергову увагу локаціям з найбільшою вірогідністю знахідки, а також забезпечуючи належне поводження зі зразками та дотримання ланцюжка зберігання зібраних доказів. Рекомендовано:

- Необхідний збір та збереження доказів мають бути збалансовані з міркуваннями охорони здоров'я та безпеки, а також з потребою в негайному знезараженні території або лікуванні постраждалих.

- Збір доказів, фізичних, слідових чи електронних, повинен здійснюватися призначеними та навченими групами у спосіб, що захищає їхню цілісність, релевантність і надійність.

- Нагляд здійснюється уповноваженим юридичним органом (наприклад, спеціальним прокурором або правоохоронними органами).

## 3) Збір та аналіз розвідувальних даних

У розслідуваннях РХЗ-інцидентів – незалежно від того, чи є причина випадковою, природною або навмисною – збір та аналіз розвідувальних даних надають слідчим важливі первинні дані, контекст і інформацію про потенційних підозрюваних на ранніх етапах. Це допомагає зосередити зусилля та може сприяти запобіганню майбутнім атакам.

✓ Визначте критично важливі потреби в розвідувальних даних для розслідування, зокрема ідентифікацію потенційного походження РХЗ-агента, потенційних виконавців і їхніх можливостей у разі підозри навмисної атаки, а також можливі вторинні ризики та каскадні наслідки, як-от перебої в роботі критичної інфраструктури (наприклад, водопостачання, електропостачання тощо).

✓ Забезпечте санкціонування та контроль за проведенням слідчих дій, таких як обшуки та спостереження, відповідно до чинного законодавства.

✓ Забезпечте санкціонування аналізу (розвідки з відкритих джерел), зокрема перехоплення комунікацій, даних із соціальних мереж, новинних повідомлень та іншої загальнодоступної інформації, для розуміння інциденту, виявлення потенційних майбутніх атак і отримання важливої інформації.

✓ Встановіть терміни збору розвідувальних даних для пріоритизації найбільш нагальних потреб.

✓ Виділіть ресурси (персонал, обладнання та фінансування) для застосування конкретних методів збору розвідувальних даних, таких як агентурна розвідка або технічне спостереження, щоб збільшити ймовірність отримання цінної інформації тощо.

## 4) Судово-медична експертиза та встановлення причинно-наслідкового зв'язку

Судово-медична експертиза відіграє важливу роль у розслідуванні РХЗ інцидентів, хоча конкретні методи можуть варіюватися залежно від причини. У випадку навмисного РХЗ інциденту судово-медична експертиза надає важливу інформацію для встановлення винних у нападі.

✓ **Відстеження джерела** для визначення походження агента (наприклад, об'єкта, запасів) та маршруту.

✓ **Мікробіологічна експертиза** аналізує мікроорганізми або токсини, ідентифікуючи їх джерело, характеристики та потенційні маніпуляції.

✓ **Хімічне «дактилоскопіювання»** використовує унікальні сигнатури хімічних агентів, щоб відстежити їх до конкретного виробника.

✓ **Ядерна експертиза** досліджує властивості ядерних і радіоактивних матеріалів, щоб визначити їх походження, історію та потенційні маршрути незаконного обігу.

Для ефективного використання судово-медичних методів, необхідно здійснити декілька ключових дій, зокрема:

✓ Затвердження пріоритетного аналізу зібраних зразків для ідентифікації конкретного агента РХЗ та встановлення його потенційного зв'язку з джерелом. Необхідно чітко визначити цілі судово-медичного аналізу.

✓ Визначення спеціалізованих лабораторій (вітчизняних чи міжнародних), які володіють необхідною експертизою та обладнанням для аналізу зразків.

✓ Визначення підходу до встановлення авторства атаки. Це може включати аналіз криміналістичних доказів, обмін результатами з міжнародними партнерами або використання розвідувальних даних для ідентифікації підозрюваних.

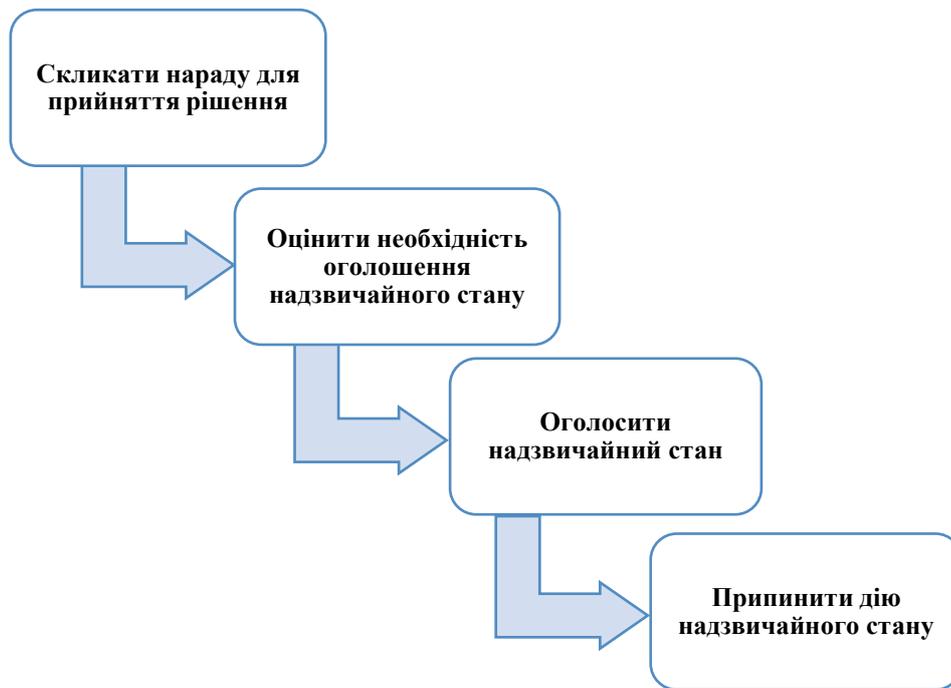
✓ Успішне встановлення авторства може призвести до судового переслідування, введення санкцій та глобальної співпраці, однак цей процес може бути тривалим і складним, а отримання переконливих доказів – проблематичним. Слід враховувати наступне:

## 2.5. Оголошення надзвичайного стану

У контексті реагування на РХЗ інциденти оголошення надзвичайного стану є критично важливим кроком, який уповноважує органи влади вживати негайних і рішучих заходів для захисту громадської безпеки та здоров'я. Оголошення надзвичайного стану сприяє активації протоколів реагування на надзвичайні ситуації, забезпечуючи швидку мобілізацію ресурсів та впровадження основних заходів, таких як карантин і обмеження на пересування.

### Ключові дії:

Визначений національними правовими рамками процес оголошення надзвичайного стану після РХЗ інциденту різниться залежно від країни, але зазвичай включає такі загальні кроки:



1) Скликати нараду для розгляду можливості оголошення надзвичайного стану

Група ключових осіб, які приймають рішення, збереться для оцінки ситуації та обговорення необхідності оголошення надзвичайного стану. Склад і рівень цієї групи варіюватимуться залежно від масштабу та серйозності РХЗ інциденту, а також від ураженого рівня (рівнів) уряду (місцевого, регіонального або національного). Кожна юрисдикція або країна може мати власні встановлені протоколи для проведення таких зібрань. До складу цього органу, що приймає рішення, зазвичай входять:

| Рівень управління | Група прийняття рішень  |
|-------------------|---|
| Місцевий          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Місцевий директор з управління надзвичайними ситуаціями або аналогічна посада</li> <li>- Співробітники апарату мера або міського голови</li> <li>- Представники служб реагування на надзвичайні ситуації (поліція, пожежна охорона, екстрена медична допомога)</li> <li>- Представники органів громадського здоров'я</li> <li>- Представники агентства з охорони навколишнього природного середовища</li> <li>- Представники районного управління освіти, лідери громади</li> <li>- Керівники пунктів тимчасового розміщення</li> <li>- Представники місцевих ЗМІ</li> </ul> |
| Регіональний      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Губернатор або інша уповноважена особа (чи її представник)</li> <li>- Посадові особи регіонального рівня з відповідних департаментів (громадської безпеки, охорони здоров'я, транспорту, охорони навколишнього середовища)</li> <li>- Правоохоронні органи</li> <li>- Представник органу громадського здоров'я</li> <li>- Представники регіональних агентств з охорони навколишнього середовища</li> <li>- Представники регіональних підприємств комунального господарства та інфраструктури провайдерів</li> </ul>  |
| Національний      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Президент або визначена ним особа</li> <li>- Посадові особи рівня Кабінету Міністрів з відповідних департаментів/міністерств (охорони здоров'я, оборони, внутрішніх справ, екології тощо)</li> </ul>   |

2) Оцінити необхідність оголошення надзвичайного стану

Для прийняття рішення про оголошення надзвичайного стану, група з прийняття рішень повинна розглянути наступні кроки:

- Аналіз оцінки ситуації. Група ключових осіб, що приймають рішення, отримує та аналізує комплексну оцінку РХЗ-ситуації, надану відповідною групою з оцінки.
- Використовуйте заздалегідь встановлені критерії для оголошення надзвичайного стану. Ці критерії визначають умови, за яких необхідне таке оголошення, та слугують орієнтиром для прийняття рішень під час криз.
- Проведіть оцінку за критеріями та оцініть вплив. На основі оцінки РХЗ-ситуації та заздалегідь встановлених критеріїв група з прийняття рішень повинна:
  - Оцініть потенційний вплив інциденту.
  - Розгляньте переваги оголошення надзвичайного стану.
  - Оцініть будь-які потенційні недоліки або наслідки.
- Сформулюйте рекомендацію. За результатами оцінки група формулює рекомендацію.

Рекомендація щодо оголошення надзвичайного стану може бути прийнята шляхом:

- Консенсусу або за допомогою формальної процедури голосування.

### 3) Оголосити надзвичайний стан

Відповідно до процедури, визначеної в нормативно-правовій базі, визначена особа або установа, уповноважена оголосити надзвичайний стан, видає офіційне оголошення, в якому викладає причини оголошення та конкретні повноваження, що активуються для подолання кризи.

Орган, який оголошує надзвичайний стан, повинен документально підтвердити обґрунтування цього рішення, посилаючись на конкретні загрози та необхідність застосування надзвичайних заходів. Ця документація може бути необхідна для здійснення парламентського контролю або у випадку потенційних судових оскаржень. У деяких країнах законодавчий орган (парламент або конгрес) може відігравати роль у перегляді або затвердженні рішення про оголошення надзвичайного стану, встановлюючи часові обмеження або вимагаючи періодичного оновлення інформації.

Після оголошення надзвичайного стану чітке публічне повідомлення буде поширено через офіційні канали, з роз'ясненням ситуації та інструкціями для населення.

### 4) Припинити дію надзвичайного стану

Надзвичайний стан буде скасовано згідно з юридичною процедурою, відповідно до встановлених критеріїв, після послаблення загрози та стабілізації ситуації.

## 2.6. Запит на міжнародну допомогу

Якщо за результатами оцінки ситуації, пов'язаної з РХЗ, та аналізу нестачі ресурсів виявлено потребу в міжнародній допомозі, країни можуть звертатися за підтримкою через різні багатосторонні та двосторонні механізми, незалежно від оголошення надзвичайного стану. Хоча оголошення надзвичайного стану може полегшити деякі аспекти отримання міжнародної допомоги, воно не є обов'язковою умовою для запиту про допомогу. Країни можуть звертатися за підтримкою на основі двосторонніх угод, регіональних механізмів або через міжнародні організації, залежно від конкретних потреб та обставин.

Ключові дії:

|   |   |
|---|---|
| <b>Оцінка потреби в допомозі</b>              | Оцініть національний потенціал і виявіть критичні прогалини                     |
| <b>Визначення потенційних джерел допомоги</b> | Визначте міжнародні організації, що відповідають характеру інциденту.           |
| <b>Активуйте системи оповіщення</b>           | Використовуйте попередньо встановлені канали зв'язку                            |
| <b>Надішліть офіційний запит</b>              | Чітко зазначте деталі інциденту, потреби та пріоритети.                         |
| <b>Оцінка отриманих пропозицій</b>            | Узгодьте запропоновану допомогу з виявленими прогалинами.                       |
| <b>Координація розгортання</b>                | Забезпечте безперешкодне прибуття та інтеграцію ресурсів, що надійшли.          |
| <b>Постійна переоцінка ситуації</b>           | Коригуйте запити відповідно до розвитку ситуації.                               |
| <b>Підтримуйте комунікацію</b>                | Регулярно надавайте оновлену інформацію партнерам та діліться набутим досвідом. |

### 1) Оцініть потребу в міжнародній допомозі

Керівники РХЗ та особи, які приймають рішення на стратегічному рівні, повинні мати змогу своєчасно задовольняти потреби для ефективного реагування на надзвичайні ситуації. Одним із їхніх завдань є оцінка наявних ресурсів, їхнього місцезнаходження та оптимальних способів їх використання. У рамках цієї оцінки керівники РХЗ повинні визначити, чи існують

критичні недоліки в національних можливостях і ресурсах. **Приклади прогалин, що можуть потребувати міжнародної допомоги:**

- Обмежені медичні команди: якщо країні бракує медичних команд, навчених лікувати конкретний РХЗ-агент, або кількість постраждалих перевищує наявні медичні можливості, запит на міжнародне розгортання спеціалізованих медичних команд є вкрай важливим.

- Недостатність засобів деконтамінації: якщо інцидент спричинив масштабне забруднення довкілля, а наявних підрозділів деконтамінації недостатньо, запит додаткових підрозділів від міжнародних партнерів прискорить процес очищення.

- Складність ядерного інциденту: у разі ядерного інциденту, експертиза та ресурси, необхідні для локалізації, дезактивації та радіаційного захисту, можуть потребувати міжнародної допомоги, особливо від таких організацій, як МАГАТЕ.

2) Визначте міжнародні організації, регіональних або міжнародних партнерів, які можуть надати допомогу в разі конкретного РХЗ інциденту, та усунути виявлені прогалини.

Керівники РХБЗ та особи, що приймають рішення, повинні використовувати наявні бази даних міжнародних організацій, регіональних і міжнародних партнерів, а також їхні можливості реагування на конкретні РХЗ інциденти.

3) Активуйте міжнародні системи оповіщення.

Після прийняття рішення про запит міжнародної допомоги та визначення міжнародної організації (організацій) і партнера (партнерів), керівники РХЗ повинні використовувати попередньо встановлені канали та існуючі комунікаційні протоколи для зв'язку з ними. Це може передбачати використання специфічних комунікаційних платформ або форматів, узгоджених заздалегідь.

4) Офіційний запит на міжнародну допомогу

Під час формування запиту керівники РХЗ та особи, які приймають рішення, повинні включити таку інформацію, використовуючи чітку та стислу мову:

➤ **Точне місцезнаходження інциденту.** Надайте максимально конкретну інформацію про місцезнаходження для доставки допомоги, як-от географічні координати (наприклад, широта й довгота для точної ідентифікації), зону або регіон і адресу або унікальні орієнтири.

➤ Інформація про тип РХЗ-агента, залученого до інциденту. Знання конкретного агента дозволяє міжнародним партнерам:

- **Пропонувати цільову допомогу:** надавати ресурси, спеціально адаптовані до типу РХЗ-агента, як-от протитрути для хімічних агентів або вакцини для біологічних агентів.

- Розробляти відповідні протоколи реагування: міжнародні організації та країни-партнери можуть рекомендувати конкретні процедури деконтамінації, протоколи медичного лікування та рекомендації з охорони здоров'я, базуючись на характеристиках агента.

5) Оцініть отримані пропозиції допомоги

Наступний крок – забезпечити відповідність пропозиції допомоги запиту.

| <b>Керівники РХЗ мають враховувати наступні аспекти:</b>   |
|--|
| <p>✓ Оцініть сумісність запропонованого обладнання та протоколів з національними стандартами. Різні країни можуть мати відмінності в конструкції обладнання, оперативних процедурах і протоколах безпеки реагування на РХЗ. Несумісне обладнання може вимагати додаткового навчання персоналу або створити оперативні труднощі.</p> <p><i>Приклад:</i> країна-партнер може запропонувати мобільний пункт деконтамінації, який використовує інший дезактивуючий засіб, ніж той, до якого підготовлені команди країни. Це може потребувати додаткового навчання або обмежити оперативну ефективність цього пункту.</p> |
| <p>✓ Запровадьте попередньо визначену систему для ефективного зіставлення отриманих пропозицій з національними потребами. Використовуйте наявні бази даних, заздалегідь визначені алгоритми зіставлення та аналіз експертів для оцінки сумісності, що виходить за межі технічних специфікацій, і виявлення непередбачених потреб.</p>  |
| <p>✓ Бази даних: Добре організована база даних запропонованих ресурсів із чіткою категоризацією (тип, кількість, можливості) дає змогу швидко ідентифікувати відповідні ресурси. Наприклад, база даних може класифікувати пропозиції за типом обладнання (наприклад, установки для деконтамінації, медичні засоби, засоби зв'язку), доступною кількістю та конкретними можливостями (наприклад, мобільні чи стаціонарні установки для дезактивації, вид запропонованого медичного лікування).</p>  |

б) Координуйте розгортання та інтеграцію.

Ефективна координація розгортання та інтеграції отриманої міжнародної допомоги є критично важливою для забезпечення безперервного Реагування. Це передбачає:

✓ Використання заздалегідь визначених каналів зв'язку та контактних осіб для міжнародних партнерів, а також узгоджених спільних стратегій Реагування.

✓ Координація логістики (транспортування, розміщення):

✓ Сприяйте прибуттю та розгортанню міжнародного персоналу й обладнання.

✓ Організуйте проживання та матеріально-технічне забезпечення для міжнародних підрозділів Реагування.

✓ Прискорте митне оформлення шляхом санкціонування використання механізмів попереднього митного оформлення та стандартизованих шаблонів документації.

✓ Пріоритезація розгортання: Виходячи з оцінки потреб та аналізу пропозицій, пріоритезуйте розгортання міжнародних ресурсів для першочергового усунення критичних недоліків, потім потреб з високою цінністю, і наостанок, додаткових потреб.

7) Постійна переоцінка

Регулярно переоцінюйте ситуацію в міру розвитку РХЗ інциденту. Будьте готові до ескалації або деескалації запитів щодо міжнародної допомоги залежно від обставин, що змінюються.

8) Підтримуйте зв'язок та обмін інформацією протягом усього процесу

Керівники РХЗ можуть розглянути такі аспекти:

✓ Регулярно інформуйте партнерів про ситуацію:

✓ Надавайте регулярні брифінги щодо розвитку ситуації та заходів реагування.

✓ Поширюйте дані про кількість постраждалих, прогрес локалізації та моніторинг навколишнього середовища.

✓ Діліться досвідом для підвищення готовності в майбутньому:

✓ Після інциденту проведіть спільний аналіз результатів із міжнародними партнерами.

✓ Визначте сфери для вдосконалення комунікації, координації та обміну ресурсами.

## Висновки

Війна, що триває на території України, призвела до суттєвого переосмислення підходів до безпеки, особливо в контексті захисту від радіаційних і хімічних загроз. Події останніх років довели, що об'єкти критичної інфраструктури - атомні електростанції, хімічні об'єкти, склади з токсичними речовинами - в умовах бойових дій перетворюються на потенційні джерела катастроф, наслідки яких можуть охопити значні території та впливати на життя мільйонів людей. У таких умовах радіаційний та хімічний захист стає не просто частиною системи цивільного захисту, а одним із ключових елементів національної безпеки.

Особливістю радіаційного та хімічного захисту в умовах війни є необхідність швидкого реагування в умовах непередбачуваності. Військові атаки на об'єкти, що містять небезпечні речовини, можуть призвести до викидів, які загрожують життю не тільки в зоні ураження, а й далеко за її межами. Саме тому однією з головних вимог є наявність завчасно розроблених, гнучких планів дій, здатних адаптуватися до змінної обстановки.

У цих обставинах особливо важливим є тісна взаємодія між органами державної влади, військовими структурами, службами ДСНС України, медичними установами та місцевим населенням. Ефективне функціонування системи радіаційного й хімічного захисту залежить від чіткого обміну інформацією, своєчасного оповіщення населення, організації евакуації, розгортання пунктів деконтамінації та надання медичної допомоги постраждалим.

Неможливо не відзначити значення підготовки персоналу і населення до дій у разі хімічної чи радіаційної небезпеки. Люди мають знати, як правильно користуватися засобами індивідуального захисту, як діяти при оголошенні сигналу тривоги, куди евакуюватися та як мінімізувати ризик ураження. Постійне навчання, тренування та інформування — це основа стійкості суспільства перед подібними загрозами.

Ще однією специфікою сучасної ситуації є необхідність урахування бойових дій при плануванні захисту. На багатьох територіях ускладнений доступ рятувальників, відсутній електрозв'язок або частково зруйнована інфраструктура. Це змушує планувати автономні сценарії реагування, коли місцева громада чи підрозділи залишаються без централізованої допомоги на тривалий час.

Особливості радіаційного та хімічного захисту в умовах війни в Україні передбачають чіткий алгоритм, на який можна спиратися в надзвичайних ситуаціях. Він окреслює базові принципи оцінки ризиків, зонування, координації дій і післяаварійної ліквідації наслідків.

Загалом, радіаційний та хімічний захист в умовах війни - це багаторівнева система, що вимагає злагодженої роботи фахівців, політичної волі, технічного забезпечення та довіри населення. Її ефективність прямо впливає на виживання людей, стабільність регіонів та майбутнє країни.

### Список використаних джерел

1. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI // Відомості Верховної Ради України. - 2013.- №34-35.
2. Постанова Кабінету Міністрів України № 733 «Про затвердження Порядку організації радіаційного та хімічного захисту населення» від 26.09.2018 р.
3. Міністерство охорони здоров'я України. Рекомендації щодо дій у разі хімічної або радіаційної небезпеки. - Київ: МОЗ, 2023.
4. Лоїк В.Б., Ратушний Р.Т., Синельников О.Д., Тарнавський А.Б. Радіаційний, хімічний та біологічний захист. Частина 2: Радіаційний захист.-Львів: ЛДУ БЖД, 2022.-396 с.
5. Лоїк В.Б. та ін. Радіаційний, хімічний та біологічний захист. Частина 3: Біологічний захист. -Львів: ЛДУ БЖД, 2023. -254 с.
6. Баранов В.В. Хімічна безпека: навчальний посібник. — Харків: ХНУВС, 2020. -220 с.
7. Харченко В.Г. Радіаційна та хімічна безпека в умовах бойових дій: виклики та стратегії реагування // Безпека життєдіяльності.- 2022.- №4. -С. 15–22.
8. Станіславенко І.М., Коваленко Т.С. Організація заходів радіаційного захисту населення у кризових ситуаціях // Науковий вісник НАЦЗ України. - 2023.- №1. - С. 41–48.
9. Центр стратегічних комунікацій та інформаційної безпеки. Аналітика щодо загроз хімічного тероризму під час війни- Київ, 2023.
10. Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України). Офіційний сайт: <https://dsns.gov.ua>
11. Навчальний посібник: Радіаційний, хімічний та біологічний захист, частина 1 Хімічний захист, червень 2022 (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності);
12. Навчальний посібник: Радіаційний, хімічний та біологічний захист, частина 2 Радіаційний захист, серпень 2022 (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності).

### References

1. The Code of Civil Protection of Ukraine: Law of Ukraine dated 02.10.2012 № 5403-VI // Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine. - 2013.- №34-35.
2. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 733 “On Approval of the Procedure for Organizing Radiation and Chemical Protection of the Population” of 26.09.2018.
3. Ministry of Health of Ukraine. Recommendations for actions in case of chemical or radiation hazards. - Kyiv: Ministry of Health, 2023.
4. Loik VB, Ratushny RT, Sinelnikov OD, Tarnavsky AB Radiation, chemical and biological protection. Part 2: Radiation protection. - Lviv: LSU BZhd, 2022. -396 p.
5. Loik V.B. et al. Radiation, chemical and biological protection. Part 3: Biological protection. -Lviv: LSU BZhd, 2023. -254 с.
6. Baranov V.V. Chemical safety: a textbook. - Kharkiv: KHNUA, 2020. -220 с.

7. Kharchenko V.G. Radiation and chemical safety in the conditions of hostilities: challenges and response strategies // *Safety of life*. 2022. -С. 15-22.
8. Stanislavenko I.M., Kovalenko T.S. Organization of radiation protection measures for the population in crisis situations // *Scientific Bulletin of the National Center for Health Protection of Ukraine*. - 2023.- №1. - С. 41-48.
9. Center for Strategic Communications and Information Security. Analytics on the threats of chemical terrorism during the war - Kyiv, 2023.
10. State Emergency Service of Ukraine (SES). Official website: <https://dsns.gov.ua>.
11. Training manual: Radiation, Chemical and Biological Protection, Part 1 Chemical Protection, June 2022 (Lviv State University of Life Safety);
12. Training manual: Radiation, Chemical and Biological Protection, Part 2 Radiation Protection, August 2022 (Lviv State University of Life Safety).

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРИСТОСУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ФОНДУ ЗАХИСНИХ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ДО ПОТРЕБ ОСІБ З ІНВАЛІДНІСТЮ ТА ІНШИХ МАЛОМОБІЛЬНИХ ГРУП НАСЕЛЕННЯ

**Олександр НУЯНЗІН**

доктор технічних наук, професор, начальник науково-дослідної лабораторії пожежної та техногенної безпеки навчально-наукового інституту пожежної безпеки Національного університету цивільного захисту України,  
nuianzin\_oleksandr@nuczu.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2527-6073

**Аліна ПЕРЕГІН**

доктор філософії, науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-інноваційного центру Національного університету цивільного захисту України,  
perehin\_alina@nuczu.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2062-5537

**Мета дослідження:** обґрунтувати та розробити рекомендації для пристосування об'єктів фонду захисних споруд цивільного захисту до потреб осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення, що забезпечить виконання рішень Ради безбар'єрності при Президентові України.

**Методи дослідження:** теоретичні дослідження проведено шляхом аналізу літературних джерел. Моделювання здійснено за допомогою загальнодоступних спеціалізованих комп'ютерних комплексів, зокрема FDS. Для створення рекомендацій використано метод системного аналізу результатів досліджень.

**Результати:** розроблено рекомендації щодо пристосування об'єктів фонду захисних споруд цивільного захисту до потреб осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення.

**Теоретична цінність дослідження:** проведене дослідження розширює наукове розуміння проблеми доступності захисних споруд цивільного захисту для осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення. Уперше здійснено комплексний аналіз нормативної бази у поєднанні з моделюванням поведінки людей у процесі евакуації, що дозволило виявити вузькі місця в існуючих рішеннях і запропонувати науково обґрунтовані шляхи їх удосконалення. Це сприяє формуванню нових підходів у проектуванні та модернізації захисних споруд із урахуванням принципів універсального дизайну та безбар'єрного середовища.

**Практична цінність дослідження:** практична цінність дослідження полягає в розробці конкретних рекомендацій щодо адаптації захисних споруд цивільного захисту до потреб осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення. Запропоновані рішення базуються на результатах моделювання та аналізу, що дозволяє застосовувати їх у реальних умовах експлуатації існуючих споруд. Зокрема, рекомендовані конструктивні та організаційні заходи можуть бути використані органами державної влади, органами місцевого самоврядування, проектними організаціями та експлуатуючими установами при модернізації або будівництві нових об'єктів. Реалізація рекомендацій сприятиме підвищенню рівня безпеки, забезпеченню прав на захист та доступність укриттів для маломобільних груп населення, а також реалізації державної політики безбар'єрності, визначеної рішеннями Ради безбар'єрності при Президентові України.

**Оригінальність:** оригінальність дослідження полягає в комплексному підході до вирішення проблеми доступності захисних споруд цивільного захисту для осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення. Уперше поєднано нормативно-правовий аналіз, імітаційне моделювання процесів евакуації за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення (зокрема FDS), а також методи системного аналізу для формування практичних рекомендацій. Вперше також проведено повний обчислювальний експеримент, який дозволив кількісно оцінити ефективність різних варіантів пристосування споруд. Результати дослідження

становлять наукову новизну та мають прикладне значення в контексті реалізації державної політики щодо безбар'єрності.

**Практична цінність:** практична цінність дослідження полягає у створенні науково обґрунтованих, реалістичних рекомендацій щодо пристосування захисних споруд цивільного захисту до потреб осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення. Запропоновані заходи базуються на результатах моделювання різних сценаріїв евакуації, враховують сучасні нормативні вимоги та специфіку існуючого фонду захисних споруд, більшість яких побудована без урахування принципів інклюзивності.

Рекомендації можуть бути безпосередньо використані при реконструкції та модернізації об'єктів фонду захисних споруд; у проектній документації новобудов; при розробленні локальних інструкцій, планів евакуації та заходів цивільного захисту для маломобільних груп населення; у діяльності органів місцевого самоврядування та підрозділів ДСНС України для забезпечення безбар'єрного доступу до укриттів.

Реалізація результатів сприятиме підвищенню рівня безпеки, фізичної доступності укриттів і дотриманню соціальних прав маломобільних осіб, що відповідає стратегії створення безбар'єрного середовища в Україні.

**Ключові слова:** безбар'єрність, інклюзивність, маломобільний, пристосування, захисні споруди, цивільна безпека, евакуація.

## RECOMMENDATIONS FOR THE ADAPTATION OF CIVIL PROTECTION SHELTER FACILITIES TO THE NEEDS OF PERSONS WITH DISABILITIES AND OTHER LOW-MOBILITY POPULATION GROUPS

**Oleksandr NUIANZIN**

Dr. Eng., Professor, Head of the Research Laboratory of Fire and Technogenic Safety of the Educational and Research Institute of Fire Safety, National University of Civil Protection of Ukraine,

nuianzin\_oleksandr@nuczu.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2527-6073

**Alina PEREHIN**

PhD, Research Associate of the Department for the Organization of Research Activities at the Scientific and Innovation Center, National University of Civil Protection of Ukraine,

perehin\_alina@nuczu.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2062-5537

**Purpose:** to substantiate and develop recommendations for adapting the facilities of the civil protection shelter infrastructure to the needs of persons with disabilities and other people with limited mobility, thereby ensuring the implementation of the decisions of the Barrier-Free Council under the President of Ukraine.

**Research Methods:** theoretical research was conducted through the analysis of literature sources. Modeling was carried out using publicly available specialized software packages, including FDS. The recommendations were developed using a systems analysis method based on the research results.

**Results:** recommendations were developed for adapting civil protection shelter facilities to meet the needs of persons with disabilities and other people with limited mobility.

**Theoretical Significance of the Study:** the study expands the scientific understanding of the accessibility challenges of civil protection shelters for persons with disabilities and other people with limited mobility. For the first time, a comprehensive analysis of the regulatory framework has been conducted in conjunction with evacuation behavior modeling. This approach allowed the identification of bottlenecks in existing solutions and the proposal of scientifically grounded improvements. The findings contribute to the development of new approaches in the design and modernization of shelters, aligned with the principles of universal design and a barrier-free environment.

**Practical Significance of the Study:** the practical significance lies in the development of specific recommendations for adapting civil protection shelters to the needs of persons with disabilities and other people with limited mobility. The proposed solutions are based on modeling and analytical results, enabling their application under real operational conditions of existing facilities. In particular, the recommended structural and organizational measures can be used by government authorities, local governments, design organizations, and operating institutions during the modernization or construction of new facilities. Implementation of these recommendations will enhance safety levels, uphold the rights to protection and accessibility for people with limited mobility, and support the state policy on barrier-free environments as defined by the decisions of the Barrier-Free Council under the President of Ukraine.

**Originality:** the originality of the study lies in its comprehensive approach to addressing the accessibility of civil protection shelters for persons with disabilities and other people with limited mobility. For the first time, regulatory and legal analysis was combined with simulation modeling of evacuation processes using specialized software (e.g., FDS), and with systems analysis methods to develop practical recommendations. A complete computational experiment was also conducted for the first time, enabling quantitative assessment of the effectiveness of various adaptation strategies. The results possess scientific novelty and practical value in the context of implementing the national barrier-free policy.

**Practical Value:** the practical value of the research lies in the creation of scientifically grounded, realistic recommendations for adapting civil protection shelters to the needs of persons with disabilities and other people with limited mobility. The proposed measures are based on simulation of different evacuation scenarios, reflect current regulatory requirements, and consider the specifics of the existing shelter infrastructure, most of which was built without inclusivity in mind.

The recommendations can be directly applied in the reconstruction and modernization of shelter facilities; in the design documentation for new buildings; in the development of local instructions, evacuation plans, and civil protection measures for people with limited mobility; and in the activities of local authorities and units of the State Emergency Service of Ukraine to ensure barrier-free access to shelters.

Implementation of the results will contribute to increased safety, physical accessibility of shelters, and the protection of social rights for people with limited mobility, in line with Ukraine's strategy for creating a barrier-free environment.

**Keywords:** barrier-free, inclusivity, limited mobility, adaptation, protective structures, civil safety, evacuation.

## Вступ

Повномасштабне військове вторгнення в Україну спричинило системну загрозу життю та безпеці цивільного населення. В таких умовах значно зросла роль об'єктів фонду захисних споруд цивільного захисту, які мають забезпечити укриття населення від наслідків обстрілів, авіаударів, хімічного чи радіаційного забруднення. Однак значна частина цих споруд проектувалась та будувалась у минулі десятиліття без урахування потреб осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення (далі – МГН), що створює суттєві ризики для їхнього життя під час надзвичайних ситуацій.

Актуальність проблеми також зумовлена необхідністю дотримання принципів безбар'єрності, проголошених на державному рівні. Зокрема, Рада безбар'єрності при Президентові України [1] наголошує на потребі адаптації інфраструктури до потреб усіх категорій населення, включаючи найуразливіші. В умовах війни ці принципи набувають не лише соціального, а й стратегічного значення, адже доступ до укриттів може стати питанням виживання [2].

Окрім того, за останні роки Україна взяла на себе міжнародні зобов'язання щодо реалізації Конвенції ООН про права осіб з інвалідністю, де питання рівного доступу до безпечного середовища визначене одним із базових. Таким чином, забезпечення фізичної доступності захисних споруд ЦЗ є не лише гуманітарною вимогою, але й правовим обов'язком.

Виходячи з цього, дослідження, спрямоване на розробку рекомендацій з адаптації таких об'єктів для потреб МГН, є надзвичайно актуальним. Воно відповідає як поточним викликам, так і стратегічним напрямом державної політики в галузі цивільного захисту та соціальної інтеграції [1-7].

### **Постановка проблеми**

Фонд захисних споруд цивільного захисту України включає тисячі об'єктів, які мають забезпечувати безпечне укриття населення у разі виникнення надзвичайних ситуацій воєнного та техногенного характеру. Проте більшість цих споруд спроектовані ще в радянський період, без урахування сучасних принципів інклюзії та доступності. Відсутність пандусів, ліфтів, широких проходів, спеціалізованого обладнання та зрозумілої навігації унеможливує або значно ускладнює використання таких укриттів особами з інвалідністю та іншими маломобільними групами населення.

У реальних умовах війни, коли рішення про укриття потрібно приймати швидко, обмежений або ускладнений доступ до захисних споруд для МГН стає критичним фактором ризику, що може призвести до травмування або загибелі. Це ставить під сумнів ефективність системи цивільного захисту в цілому. Водночас, законодавство України та міжнародні нормативно-правові акти зобов'язують державу забезпечувати рівні права та можливості для всіх категорій населення, включно з особами з інвалідністю.

Таким чином, виникає необхідність науково обґрунтувати підходи до адаптації наявних об'єктів фонду захисних споруд з урахуванням потреб МГН, провести відповідні моделювання сценаріїв використання споруд за участі таких осіб, а також розробити практичні рекомендації щодо реалізації концепції безбар'єрності в умовах обмежених ресурсів і воєнного стану.

**Мета дослідження** – обґрунтувати та розробити рекомендації для пристосування об'єктів фонду захисних споруд цивільного захисту до потреб осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення, що забезпечить виконання рішень Ради безбар'єрності при Президентіві України.

### **Методологія дослідження**

Методологічну основу дослідження становить комплексний підхід, який поєднує елементи теоретичного аналізу, комп'ютерного моделювання та системного узагальнення практичних рішень.

На першому етапі було здійснено глибокий аналіз національної та міжнародної нормативно-правової бази з питань доступності середовища для осіб з інвалідністю та функціонування захисних споруд цивільного захисту. Особлива увага приділялася наявним розбіжностям між чинними вимогами та реальним станом існуючих укриттів.

Далі, з метою вивчення динаміки руху маломобільних груп населення в умовах надзвичайної ситуації, було проведено комп'ютерне моделювання з використанням спеціалізованих програмних засобів, зокрема Fire Dynamics Simulator (FDS). Моделювання охоплювало різні конфігурації захисних споруд, сценарії евакуації та варіанти адаптації інфраструктури – як стандартних, так і з використанням «розумних» рішень.

Для обробки результатів моделювання застосовано метод повного факторного експерименту, що дозволило виявити взаємозв'язки між параметрами споруди, типом адаптаційного рішення та часом евакуації/доступу для МГН. На завершальному етапі дослідження використано методи системного аналізу для узагальнення отриманих результатів і формування практичних рекомендацій щодо підвищення безбар'єрності захисних споруд.

### **Результати**

Для формування основних рекомендацій враховувалося, що наявні захисні споруди цивільного захисту спочатку не проектувалися з урахуванням потреб осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення. З цією метою було проведено комп'ютерне моделювання процесів спуску та підйому в укриття за різних умов і з різним складом евакуаційних груп [3, 4, 8-17].

Для врахування особливостей переміщення людей у потоці було змодельовано приміщення складної конфігурації. Схематичне зображення цього приміщення наведено на рисунку 1.

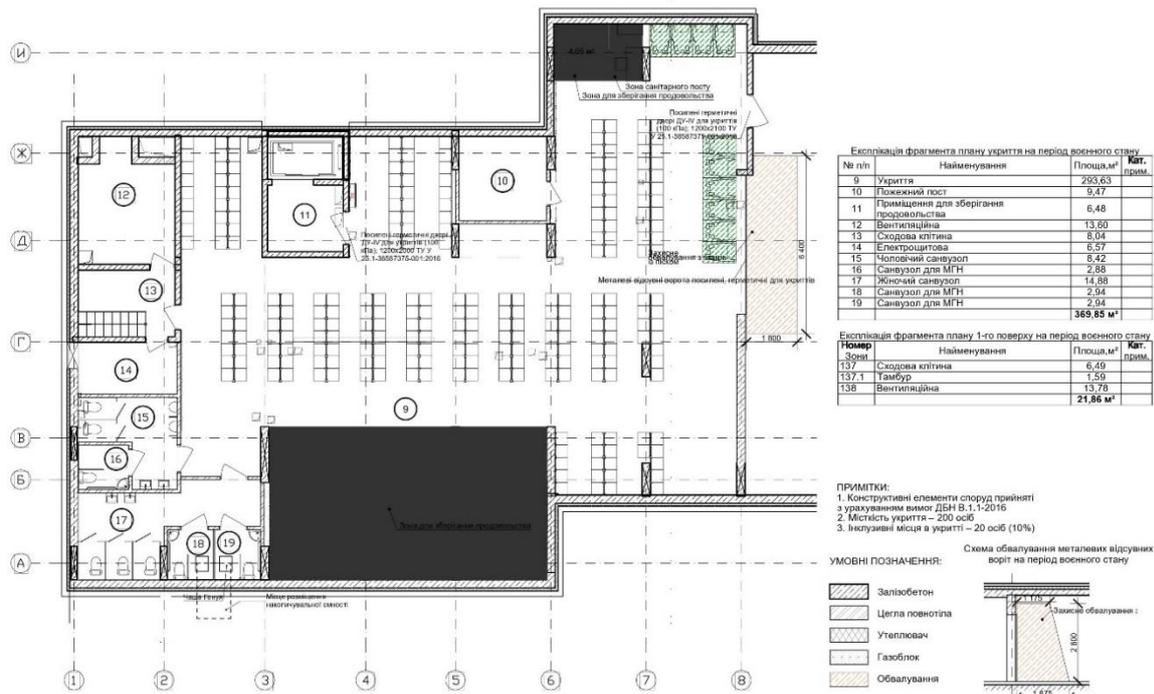


Рисунок 1 – Схема приміщення споруди ЦЗ

Вихідні дані для моделювання розраховувалися з урахуванням таких параметрів: місткість захисної споруди або споруди подвійного призначення – до 200 осіб. Із загальної кількості передбачалося від 1 до 20 осіб, що належать до маломобільних груп населення [3-4].

Для моделювання умов евакуації та спуску було обрано варіанти від максимально складних до полегшених. Зокрема, передбачалося перебування у споруді від 1 до 10 осіб з інвалідністю, які належать до групи мобільності М4, а також від 1 до 10 осіб, що представляють інші групи мобільності – від М1 до М4.

Для визначення часу спуску до захисної споруди та евакуації назовні застосовано метод індивідуально-потокowego моделювання руху. На відміну від спрощеної аналітичної моделі, цей підхід дозволяє враховувати неоднорідність потоку людей – різні групи мобільності, індивідуальні фізичні характеристики та площу проекції тіла. Спрощена аналітична модель розраховує евакуацію лише для однорідного потоку з однією групою мобільності, тому не дозволяє точно змодельувати ситуації з участю осіб, які мають різні потреби у пересуванні.

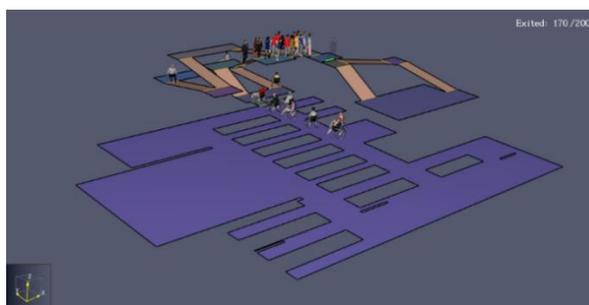
У розрахунках передбачалося присутність осіб з групи мобільності М1, а також осіб з інвалідністю, які належать до груп М1–М4 [3-4].

Габаритні розміри та граничні умови шляхів евакуації для базового обчислювального експерименту прийнято відповідно до чинних нормативних вимог [6].

Вихідні параметри базового експерименту були такими: загальна місткість захисної споруди або споруди подвійного призначення – 200 осіб, з яких 20 осіб належать до маломобільних груп населення.

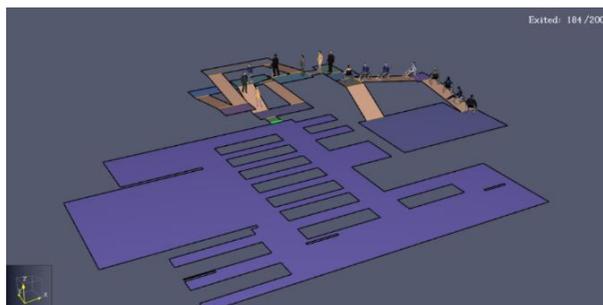
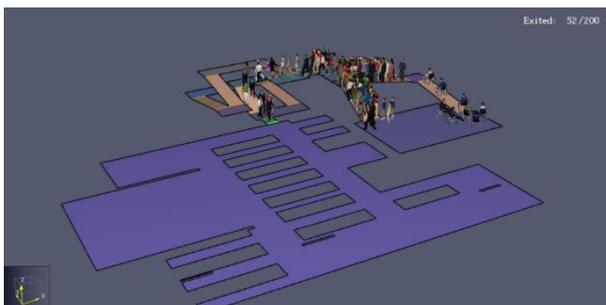
Для моделювання прийнято сценарії від найскладніших до полегшених. Зокрема, враховано присутність 10 осіб з інвалідністю, що належать до групи мобільності М4, а також ще 10 осіб з інвалідністю, які представляють групи мобільності М1-М4.

На рисунку 2 наведено скріншоти, що ілюструють результати моделювання процесу підйому.



**Рисунок 2** – Базовий експеримент: підйом. Відповідно до розрахунку, час евакуації назовні склав – 345,8 с

На рисунку 3 відображено скріншоти моделювання спуску.

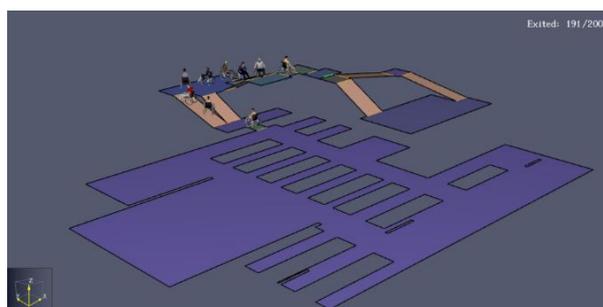


**Рисунок 3** – Базовий експеримент: спуск. Відповідно до розрахунку, час спуску склав – 267,3 с

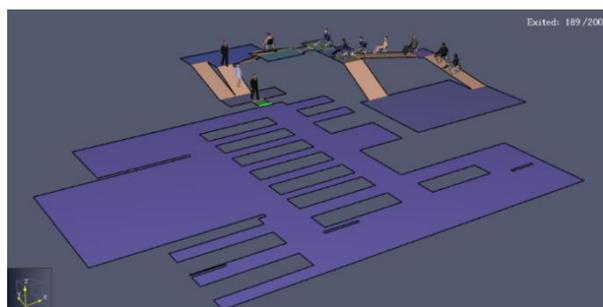
Наступний експеримент. Габаритні розміри та граничні умови шляхів евакуації для обчислювального експерименту визначено з урахуванням ухилу пандуса 30% або застосуванням розумного пристосування із залученням додаткового обладнання для пересування осіб з інвалідністю групи мобільності М4, за умови що ухил сходової клітки не перевищує 30%.

Вихідні дані для експерименту: загальна кількість місць у захисній споруді або споруді подвійного призначення – 200 осіб, з яких 20 місць призначено для маломобільних груп населення.

Для розрахунків прийнято варіанти умов – від найскладніших до спрощених. Зокрема, враховано 10 осіб з інвалідністю групи мобільності М4 та 10 осіб з інвалідністю груп М1-М4 [3-4].



**Рисунок 4** – Експеримент з максимальними відхиленнями: підйом. Відповідно до розрахунку, час спуску підйому – 360,5 с



**Рисунок 5** – Експеримент з максимальними відхиленнями: спуск. Відповідно до розрахунку, час спуску склав – 355,5 с

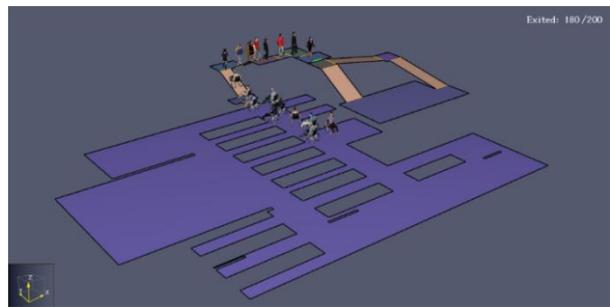
Наступний експеримент. Габаритні розміри та граничні умови шляхів евакуації для обчислювального експерименту визначено з урахуванням використання розумного пристосування – встановлення похилого механічного пристрою у внутрішній сходовій клітині з ухилом 50%.

Вихідні дані для експерименту: загальна кількість місць у захисній споруді або споруді подвійного призначення – 200 осіб, з яких 20 місць призначено для маломобільних груп населення.

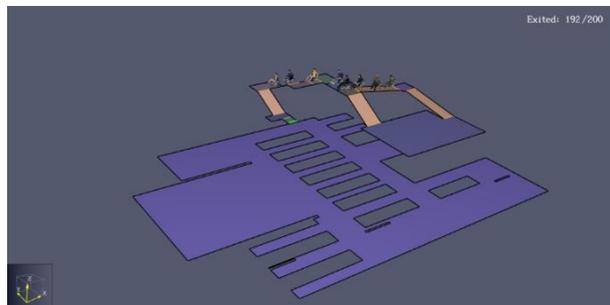
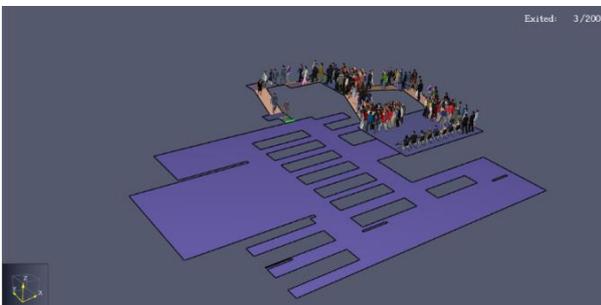
Для розрахунків прийнято умови – від максимально складних до полегшених. Зокрема, враховано 10 осіб з інвалідністю групи мобільності М4 та 10 осіб з інвалідністю груп М1-М4.

Габаритні розміри та граничні умови шляхів евакуації для обчислювального експерименту приймаються з урахуванням розумного пристосування – встановлення ліфта або механічного підйомника.

Вихідні дані для експерименту: загальна кількість місць у захисній споруді або споруді подвійного призначення – 200 осіб, з яких 20 місць призначено для маломобільних груп населення.

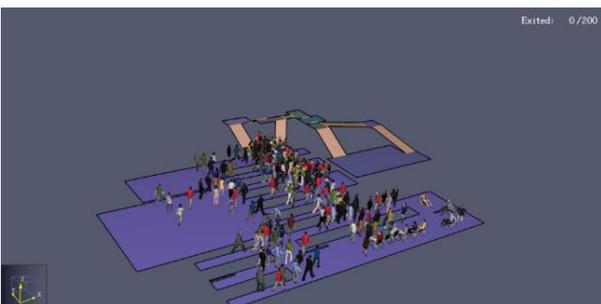


**Рисунок 6** – Експеримент з розумними пристосуваннями: підйом. Відповідно до розрахунку, час підйому склав – 631,8 с

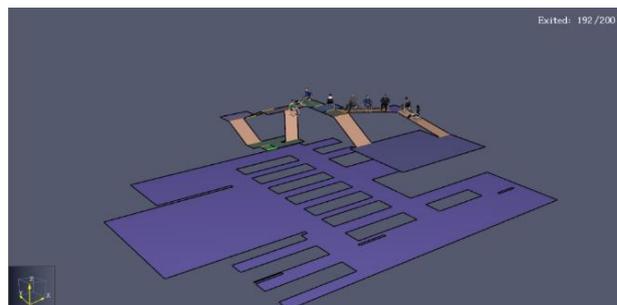
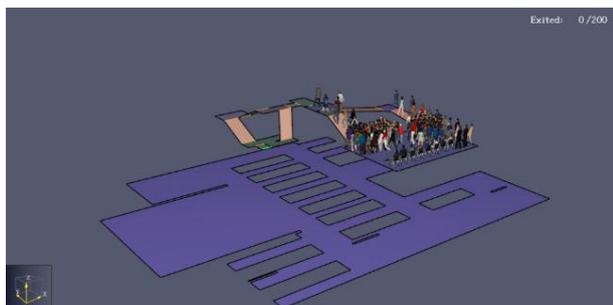


**Рисунок 7** – Експеримент з розумними пристосуваннями: спуск. Відповідно до розрахунку, час спуску склав – 784,3 с

Для розрахунків прийнято умови – від найбільш ускладнених до полегшених. У моделі враховано 10 осіб з інвалідністю групи мобільності М4 та 10 осіб з інвалідністю груп М1-М4 [3-4].



**Рисунок 8** – Експеримент з додатковим обладнанням: підйом. Відповідно до розрахунку, час підйому склав – 609,0 с



**Рисунок 9** – Експеримент з додатковим обладнанням: спуск. Відповідно до розрахунку, час спуску склав – 575,5 с

Отримавши результати моделювання стало можливим розробити варіанти пристосування об'єктів фонду захисних споруд цивільного захисту до потреб осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення. Доцільно провести математичне моделювання та провести повний факторний експеримент на основі отриманих даних.

Виходячи з проведеного аналізу нормативно-правових документів доступності та безпеки МГН в захисних спорудах та СПП визначаємо параметри шляхів евакуації та характерні особливості можливості переміщення МГН [3-4].

**Таблиця 1**

Зовнішній пандус для входу до захисної споруди або СПП

| Параметр  |                |                                |                                    |          |           |          |                |         |
|-----------|----------------|--------------------------------|------------------------------------|----------|-----------|----------|----------------|---------|
| Існування | Висота підйому | Висота пан. до гор. майданчика | Довжина пан. окрім гор. майданчика | Нахил    |           | Ширина   | Гор. майданчик |         |
|           |                |                                |                                    |          |           |          | Довжина        | Ширина  |
| -         | H, м           | h, м                           | L, м                               | %        | -         | b, м     | L, м           | b, м    |
| -         | 0,12           | -                              | -                                  | -        | -         | -        | -              | -       |
| +         | 0,12-1,62      | 0,12-0,80                      | 0,72-32,40                         | 5-16,67  | 1:20-1:6  | 1,2-1,83 | 1,5-2,0        | 1,5-2,0 |
| +*        |                | 0,12-1,62                      | 0,40-9,74                          | 16,67-30 | 1:6-1:3,3 | 1,0-1,83 | 1,0-2,0        | 1,0-2,0 |
| +*        |                |                                |                                    |          |           |          |                |         |

Примітки: \* - ненормативний зовнішній пандус.

**Таблиця 2**

Вхід до захисної споруди або СПП

| Параметр          |                |         |         |                        |         |                      |         |               |                   |
|-------------------|----------------|---------|---------|------------------------|---------|----------------------|---------|---------------|-------------------|
| Існування порогів | Висота порогів | Висота  | Ширина  | Майданчик перед входом |         | Тамбур (тамбур-шлюз) |         |               |                   |
|                   |                |         |         | Довжина                | Ширина  | Довжина              | Ширина  | Ширина дверей | Тип відкриття     |
| -                 | h, м           | H, м    | b, м    | L, м                   | b, м    | L, м                 | b, м    | b, м          | -                 |
| -                 | -              | 2,1-2,5 | 0,9-1,5 | 1,5-2,0                | 1,5-2,0 | 1,5-2,5              | 2,2-2,5 | 0,9-1,5       | +/,<br>-/,<br>-/- |
| +*                | 0,02           |         |         |                        |         |                      |         |               |                   |
| +                 | 0,03-0,10      | 1,8-2,1 | 0,7-0,9 | 0,8-1,5                | 0,8-1,5 | 1,0-1,5              | 1,3-2,2 | 0,7-0,9       |                   |

Примітки: \* - поріг, який виконаний скосом/пандусом не більше 0,3 м в довжину і уклонм максимально 8% (1:12).

Таблиця 3

## Коридори та проходи до СК захисної споруди або СПП

| Параметр                             |               |   |                      |                    |                         |                  |
|--------------------------------------|---------------|---|----------------------|--------------------|-------------------------|------------------|
| Існування порогів відкритого прорізу | Висота порогу | Довжина відкритого прорізу та виходів на СК | Ширина виходів на СК | Висота 1го поверху | Висота зах. сп. або СПП | Ширина коридорів |
| -                                    | h, м          | L, м  | b, м                 | H, м               | H, м                    | b, м             |
| -                                    | -             | 0,15-1,0                                    | 0,9-1,5              | 2,1-4,0            | 2,5-4,0                 | 1,5-3,0          |
| +                                    | 0,0-0,02      |   |                      |                    |                         |                  |
| -                                    | -             | 1,0-2,0                                     | 1,2-1,5              | 1,8-2,1            | 1,8-2,5                 | 0,7-1,5          |
| +                                    | 0,03-0,10     |   | 0,9-1,2              |                    |                         |                  |

Групи мобільності МГН згідно з [4]:

М1 – особи з інвалідністю, що не мають обмежень щодо мобільності, у тому числі з порушенням слуху;

М2 – немічні люди, мобільність яких знижена через старіння організму; особи з інвалідністю на протезах; особи з інвалідністю з вадами зору, що користуються білою тростиною; люди з психічними відхиленнями;

М3 – особи з інвалідністю, що використовують при русі додаткові опори (милиці, ціпки);

М4 – особи з інвалідністю, що пересуваються на кріслах-колісних, які приводяться у рух вручну.

Таблиця 4

## Внутрішні сходові клітки та пандуси захисної споруди або СПП

| Параметр                 |                |                                |                                    |          |              |                |                |         |
|--------------------------|----------------|--------------------------------|------------------------------------|----------|--------------|----------------|----------------|---------|
| <i>Внутрішні пандуси</i> |                |                                |                                    |          |              |                |                |         |
| Існування пан.           | Висота підйому | Висота пан. до гор. майданчика | Довжина пан. окрім гор. майданчика | Уклон    |              | Ширина         | Гор. майданчик |         |
|                          |                |                                |                                    |          |              |                | Довжина        | Ширина  |
| -                        | H, м           | h, м                           | L, м                               | %        | -            | b, м           | L, м           | b, м    |
| -                        | 0,12           | -                              | -                                  | -        | -            | -              | -              | -       |
| +                        | 0,12-1,62      | 0,12-0,80                      | 0,72-32,40                         | 5-16,67  | 1:20-1:6     | 1,2-1,83       | 1,5-2,0        | 1,5-2,0 |
| +*                       |                | 0,12-1,62                      | 0,40-9,74                          | 16,67-30 | 1:6-1:3,3    | 1,0-1,83       | 1,0-2,0        | 1,0-2,0 |
| +*                       |                |                                | 0,24-5,35                          | 30-50    | 1:3,3-1:2    | 0,8-1,83       | 0,8-2,0        | 0,8-2,0 |
| <i>Внутрішні СК</i>      |                |                                |                                    |          |              |                |                |         |
| Існування пан.           | Ширина маршу   | Висота до гор. майданчика      | Довжина сх. маршу                  | Уклон    |              | Гор. майданчик |                |         |
|                          |                |                                |                                    |          |              | Довжина        | Ширина         |         |
| -                        | b, м           | H, м                           | L, м                               | %        | -            | L, м           | b, м           |         |
| -                        | 1,35-1,5       | 1,0-2,5                        | 1,5-7,88                           | 50-66,6  | 1:2-1:1,5    | 1,5-2,0        | 1,5-2,0        |         |
| +                        |                |                                |                                    |          |              |                |                |         |
| -                        | 1,0-1,35       | 1,0-2,5                        | 1,25-3,75                          | 66,6-80  | 1:1,5-1:1,25 | 0,8-1,5        | 0,8-1,5        |         |
| +*                       |                |                                |                                    |          |              |                |                |         |

Примітки: \* - ненормативний внутрішній пандус.

Було проведено низку додаткових обчислювальних експериментів, результати яких наведено нижче.

1. Базовий обчислювальний експеримент із комп'ютерного моделювання руху людського потоку осіб з обмеженою мобільністю (МГН) за умов максимально допустимих параметрів.

Таблиця 5

Умови базового експерименту

| Параметр                             |                |   |                                    |                        |                         |                      |                |               |               |
|--------------------------------------|----------------|---|------------------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------|----------------|---------------|---------------|
| Зовнішній пандус                     |                |   |                                    |                        |                         |                      |                |               |               |
| Існування пан.                       | Висота підйому | Висота пан. до гор. майданчика              | Довжина пан. окрім гор. майданчика | Уклон                  |                         | Ширина               | Гор. майданчик |               |               |
|                                      |                |   |                                    |                        |                         |                      | Довжина        | Ширина        |               |
| -                                    | H, м           | h, м  | L, м                               | %                      | -                       | b, м                 | L, м           | b, м          |               |
| +                                    | 1,62           | 0,8   | 9,72                               | 16,67                  | 1:6                     | 1,20                 | 1,50           | 1,50          |               |
| Вхід                                 |                |   |                                    |                        |                         |                      |                |               |               |
| Існування порогів                    | Висота порогу  | Висота                                      | Ширина                             | Майданчик перед входом |                         | Тамбур (тамбур-шлюз) |                |               |               |
|                                      |                |   |                                    | Довжина                | Ширина                  | Довжина              | Ширина         | Ширина дверей | Тип відкриття |
| -                                    | h, м           | H, м  | b, м                               | L, м                   | b, м                    | L, м                 | b, м           | b, м          | -             |
| +                                    | 0,02           | 2,1   | 0,9                                | 1,50                   | 1,50                    | 1,50                 | 2,20           | 0,90          | +/+           |
| Коридори та проходи до СК            |                |   |                                    |                        |                         |                      |                |               |               |
| Існування порогів відкритого прорізу | Висота порогу  | Довжина відкритого прорізу та виходів на СК | Ширина виходів на СК               | Висота 1го поверху     | Висота зах. сп. або СПП | Ширина коридорів     |                |               |               |
| -                                    | h, м           | L, м  | b, м                               | H, м                   | H, м                    | b, м                 |                |               |               |
| +                                    | 0,02           | 1,0   | 0,9                                | 2,1                    | 2,5                     | 1,5                  |                |               |               |
| Внутрішні пандуси                    |                |   |                                    |                        |                         |                      |                |               |               |
| Існування пан.                       | Висота підйому | Висота пан. до гор. майданчика              | Довжина пан. окрім гор. майданчика | Уклон                  |                         | Ширина               | Гор. майданчик |               |               |
|                                      |                |   |                                    |                        |                         |                      | Довжина        | Ширина        |               |
| -                                    | H, м           | h, м  | L, м                               | %                      | -                       | b, м                 | L, м           | b, м          |               |
| +                                    | 2,5            | 0,80  | 15                                 | 16,67                  | 1:6                     | 1,20                 | 1,50           | 1,50          |               |
| Внутрішні СК                         |                |   |                                    |                        |                         |                      |                |               |               |
| Існування пан.                       | Ширина маршру  | Висота до гор. майданчика                   | Довжина сх. маршру                 | Уклон                  |                         | Гор. майданчик       |                |               |               |
|                                      |                |   |                                    |                        |                         | Довжина              | Ширина         |               |               |
| -                                    | b, м           | H, м  | L, м                               | %                      | -                       | L, м                 | b, м           |               |               |
| +                                    | 1,35           | 1,25  | 1,5                                | 50                     | 1:2                     | 1,5                  | 1,5            |               |               |

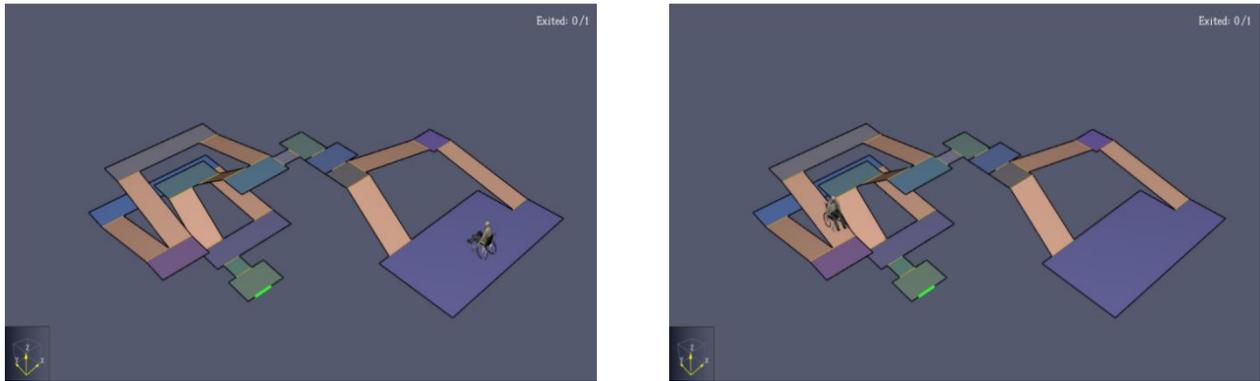


Рисунок 10 – Моделювання руху 1 особи під час умов базового експерименту

2. Обчислювальний експеримент із комп’ютерного моделювання руху людського потоку осіб з обмеженою мобільністю (МГН) за умов максимально допустимих відхилень щодо параметра ухилу внутрішнього пандусу.

Таблиця 6

Умови експерименту з максимальними відхиленнями

| Внутрішні пандуси |               |                                |                                    |       |       |                 |                |        |
|-------------------|---------------|--------------------------------|------------------------------------|-------|-------|-----------------|----------------|--------|
| Існування пан.    | Висота підсід | Висота пан. до гор. майданчика | Довжина пан. окрім гор. майданчика | Уклон |       | Ширина          | Гор. майданчик |        |
|                   |               |                                |                                    |       |       |                 | Довжина        | Ширина |
| -                 | H, м          | h, м                           | L, м                               | %     | -     | b, м            | L, м           | b, м   |
| +                 | 2,5           | 1,25                           | 8,25                               | 30    | 1:3,3 | 1,20            | 1,50           | 1,50   |
| Внутрішні СК      |               |                                |                                    |       |       |                 |                |        |
| Існування пан.    | Ширина маршру | Висота до гор. майданчика      | Довжина сх. маршру                 | Уклон |       | Гор. майданчика |                |        |
|                   |               |                                |                                    |       |       | Довжина         | Ширина         |        |
| -                 | b, м          | H, м                           | L, м                               | %     | -     | L, м            | b, м           |        |
| +                 | 1,35          | 1,25                           | 1,5                                | 50    | 1:2   | 1,50            | 1,50           |        |

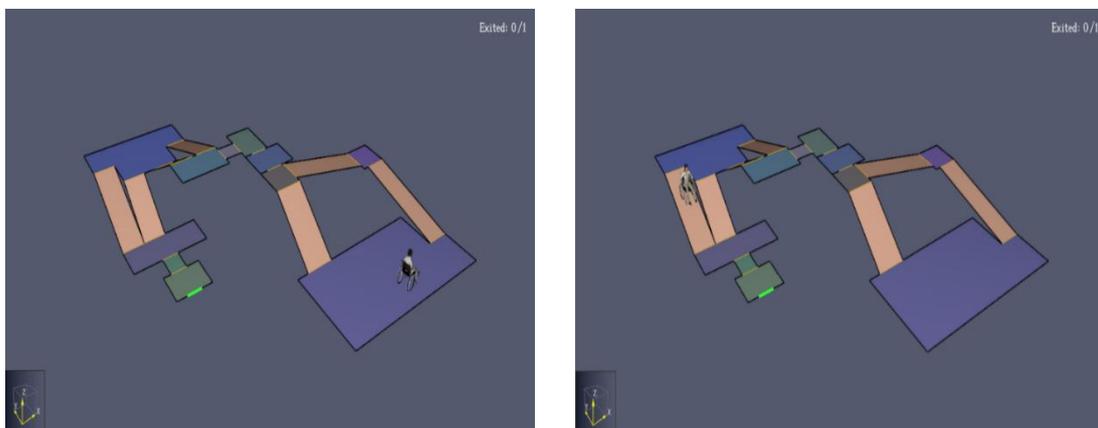


Рисунок 11 – Моделювання руху 1 особи під час умов експерименту з максимальними відхиленнями

Таблиця 7

Отримані дані розрахунку часу спуску та евакуації назовні до захисної споруди або СПП

| Група мобільності осіб з інвалідністю | Розрахунковий час спуску | Розрахунковий час евакуації назовні | Параметр впливу | Базовий експеримент      |                                     |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------------------|
|                                       |                          |                                     |                 | Розрахунковий час спуску | Розрахунковий час евакуації назовні |
| M1                                    | 21,3                     | 22,5                                | 30%             | 21,7                     | 22,5                                |
| M2                                    | 78,8                     | 76,0                                | 30%             | 74,5                     | 74,3                                |
| M3                                    | 60,1                     | 62,8                                | 30%             | 57,5                     | 62,3                                |
| M4                                    | 69,5                     | 68,5                                | 30%             | 94,3                     | 99,0                                |

Ухил внутрішнього пандуса понад 30 % (1:3,3) унеможливорює самостійне пересування осіб з інвалідністю групи мобільності M4, які не здатні підніматися або спускатися до захисних споруд чи споруд подвійного призначення (СПП) без сторонньої допомоги.

Допомога в пересуванні таких осіб може надаватися за участю щонайменше двох супроводжуючих, здатних транспортувати крісло-колісне з людиною до укриття або СПП сходовими маршами чи пандусами з ухилом понад 30 %. Для цього способу пересування приймається мінімальна швидкість 0,1 м/с.

Таблиця 8

Рух внутрішніми сходовими клітками під час допомоги

| Внутрішні СК   |              |                           |                   |         |        |                |      |
|----------------|--------------|---------------------------|-------------------|---------|--------|----------------|------|
| Існування пан. | Ширина маршу | Висота до гор. майданчика | Довжина сх. маршу | Ухил    |        | Гор. майданчик |      |
|                |              |                           |                   | Довжина | Ширина |                |      |
| -              | b, м         | H, м                      | L, м              | %       | -      | L, м           | b, м |
| -              | 1,35         | 1,25                      | 1,5               | 50      | 1:2    | 1,50           | 1,50 |

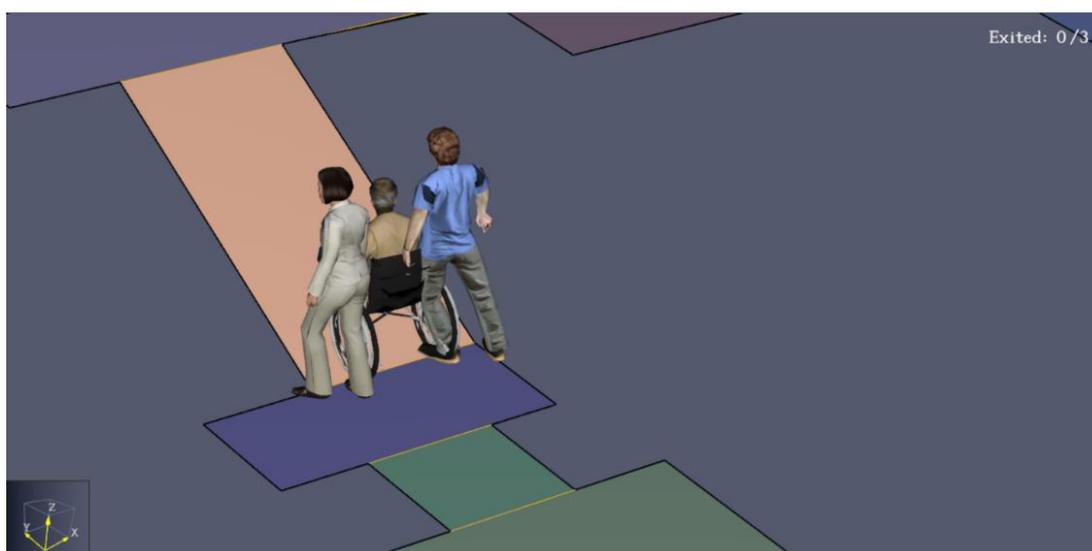


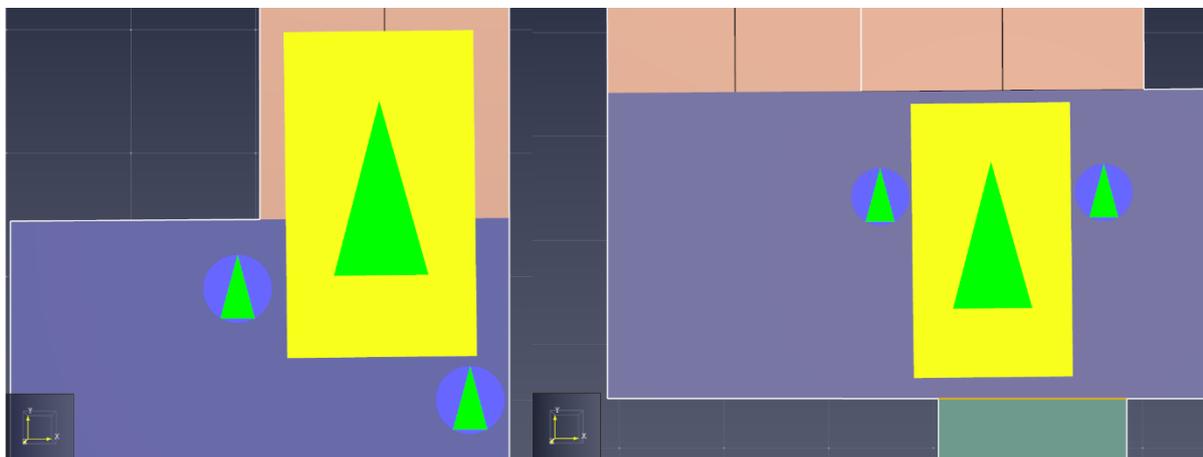
Рисунок 12 – Рух внутрішніми сходовими клітками під час допомоги

Таблиця 9

Отримані дані розрахунку часу спуску та евакуації назовні до захисної споруди або СПП

| Група мобільності осіб з інвалідністю | Розрахунковий час спуску | Розрахунковий час евакуації назовні | Параметр впливу | Базовий експеримент      |                                     |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------------------|
|                                       |                          |                                     |                 | Розрахунковий час спуску | Розрахунковий час евакуації назовні |
| M4                                    | 112,3                    | 104,3                               | 50%             | 94,3                     | 99,0                                |

Також необхідно враховувати ширину сходової клітки, а також ширину та довжину горизонтального майданчика під час надання допомоги особам з інвалідністю групи мобільності M4. Мінімальні розміри цих параметрів повинні становити не менше ніж 1,35 м. У разі зменшення ширини, наприклад до 1,0 м, транспортування особи з інвалідністю групи M4 за участю двох супроводжуючих стає неможливим через обмежений простір для маневрування.



а) ширина проходу 1,0 м

б) ширина проходу 1,35 м

Рисунок 13 – Ширина проходу під час моделювання

3. Обчислювальний експеримент із комп'ютерного моделювання руху людського потоку осіб з обмеженою мобільністю (МГН) за умов максимально допустимих відхилень щодо параметрів ухилу та ширини внутрішнього пандуса.

Таблиця 10

## Пересування пандусами

| Внутрішні пандуси |                |                                |                                    |      |       |        |                |        |
|-------------------|----------------|--------------------------------|------------------------------------|------|-------|--------|----------------|--------|
| Існування пан.    | Висота підйому | Висота пан. до гор. майданчика | Довжина пан. окрім гор. майданчика | Ухил |       | Ширина | Гор. майданчик |        |
|                   |                |                                |                                    |      |       |        | Довжина        | Ширина |
| -                 | H, м           | h, м                           | L, м                               | %    | -     | b, м   | L, м           | b, м   |
| +                 | 2,5            | 1,25                           | 8,25                               | 30   | 1:3,3 | 1,0    | 1,0            | 1,0    |

Пересування осіб з інвалідністю групи мобільності М4 пандусами шириною 1,0 метра є можливим і не впливає на швидкість руху однієї особи. Проте після потрапляння на горизонтальний майданчик розміром 1,0×1,0 метра виникає проблема – розворот стає неможливим.

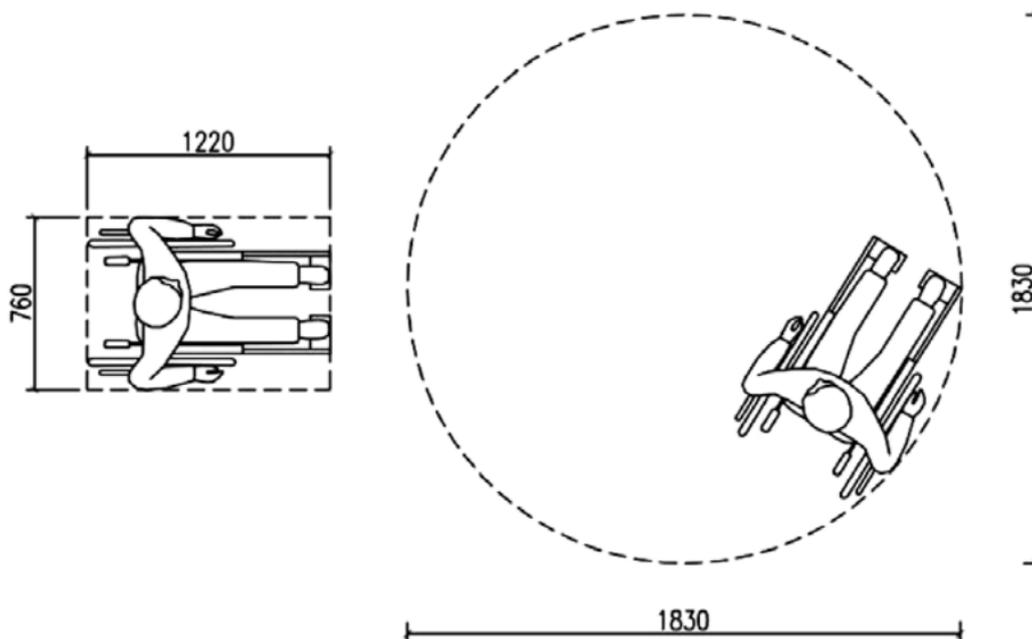


Рисунок 14 – Майданчик для розвороту [3-4]

Максимальна висота пандуса до горизонтального майданчика становить 0,8 м, і її перевищення може створювати незручності під час пересування. Однак це значення тісно пов’язане з ухилом внутрішнього пандуса та висотою поверху захисної споруди або СПП, що визначає допустимі параметри спуску чи підйому. З урахуванням наявності відпочинкових майданчиків, які розміщують кожні 6-9 метрів або при відстані понад 10 м за умови безперервної площини, допускається збільшення висоти пандуса. Проте така висота не повинна перевищувати половини висоти поверху захисної споруди або СПП.

Обчислювальний експеримент проводиться шляхом комп’ютерного моделювання руху людей з порушенням мобільності (МГН) з урахуванням максимально допустимих відхилень ширини проходів, входів та виходів.

Таблиця 11

Входи та проходи

| <i>Вхід</i>       |               |        |        |                        |        |                      |        |               |               |
|-------------------|---------------|--------|--------|------------------------|--------|----------------------|--------|---------------|---------------|
| Існування порогів | Висота порогу | Висота | Ширина | Майданчик перед входом |        | Тамбур (тамбур-шлюз) |        |               |               |
|                   |               |        |        | Довжина                | Ширина | Довжина              | Ширина | Ширина дверей | Тип відкриття |
| -                 | h, м          | H, м   | b, м   | L, м                   | b, м   | L, м                 | b, м   | b, м          | -             |
| +                 | 0,02          | 2,1    | 0,8    | 1,50                   | 1,50   | 1,0                  | 1,3    | 0,8           | -/+           |

*Коридори та проходи до СК*

| Існування порогів відкритого прорізу | Висота порогу | Довжина відкритого прорізу та виходів на СК | Ширина виходів на СК | Висота 1го поверху | Висота зах. сп. або СПП | Ширина коридорів |
|--------------------------------------|---------------|---|----------------------|--------------------|-------------------------|------------------|
| -                                    | h, м          | L, м  | b, м                 | H, м               | H, м                    | b, м             |
| +                                    | 0,02          | 1,0   | 0,8                  | 2,1                | 2,5                     | 0,8              |

Габаритна ширина коляски особи з інвалідністю групи мобільності М4 становить від 0,76 м, що унеможливає перебування таких осіб у проходах, ширина яких менша за 0,8 м.

Отримано дані щодо розрахунку часу спуску та евакуації назовні до захисної споруди або СПП.

Таблиця 12

## Входи та проходи

| Група мобільності осіб з інвалідністю | Розрахунковий час спуску | Розрахунковий час евакуації назовні | Параметр впливу | Базовий експеримент      |                                     |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------------------|
|                                       |                          |                                     |                 | Розрахунковий час спуску | Розрахунковий час евакуації назовні |
| M1                                    | 22,0                     | 22,8                                | 0,8             | 21,7                     | 22,5                                |
| M2                                    | 75,8                     | 76,3                                | 0,8             | 74,5                     | 74,3                                |
| M3                                    | 59,0                     | 64,0                                | 0,8             | 57,5                     | 62,3                                |
| M4                                    | 70,5                     | 70,0                                | 0,8             | 94,3                     | 99,0                                |

За умови ширини проходу 0,76 м або меншої особа з інвалідністю групи мобільності М4 не має можливості пересуватися коридорами та проходити через дверні прорізи.

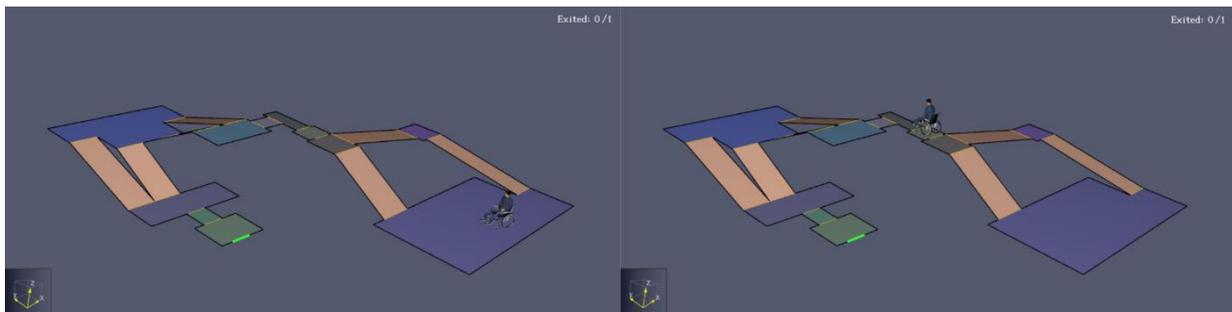


Рисунок 15 – Ширина проходу під час моделювання

Зовнішній пандус для входу до захисної споруди або СПП може мати певні відхилення від встановлених норм, що може створювати незручності під час пересування, проте не призводить до повної неможливості руху, за винятком ключових параметрів – максимально допустимого ухилу пандуса, габаритів майданчика для відпочинку або маневрування, а також ширини пандуса. Усі ці характеристики були досліджені під час вивчення можливості пересування по внутрішньому пандусу і майже не відрізняються від параметрів зовнішнього пандуса.

У випадку відсутності зовнішнього пандуса виникає неможливість самостійного доступу осіб з інвалідністю до захисної споруди або СПП. Якщо висота підйому не перевищує 0,05 м, така особа може подолати його самостійно.

Особа з інвалідністю групи мобільності М4 можуть отримати допомогу при пересуванні маршами сходових клітин або внутрішніми пандусами з ухилом понад 30%, але лише за умови

наявності двох супроводжуючих, здатних транспортувати крісло-коляску з особою до захисної споруди або СПП для подальшого пересування.

Таблиця 13

| Входи та проходи |                |                                |                                    |      |       |        |                |        |
|------------------|----------------|--------------------------------|------------------------------------|------|-------|--------|----------------|--------|
| Існування        | Висота підйому | Висота пан. до гор. майданчика | Довжина пан. окрім гор. майданчика | Ухил |       | Ширина | Гор. майданчик |        |
|                  |                |                                |                                    |      |       |        | Довжина        | Ширина |
|                  |                |                                |                                    |      |       |        |                |        |
| -                | H, м           | h, м                           | L, м                               | %    | -     | b, м   | L, м           | b, м   |
| +                | 1,62           | 1,62                           | 5,35                               | 30   | 1:3,3 | 0,8    | 1,50           | 1,50   |

Встановлено мінімальну швидкість пересування – 0,1 м/с.

На основі цього параметра отримано дані щодо розрахунку часу спуску та евакуації назовні до захисної споруди або СПП.

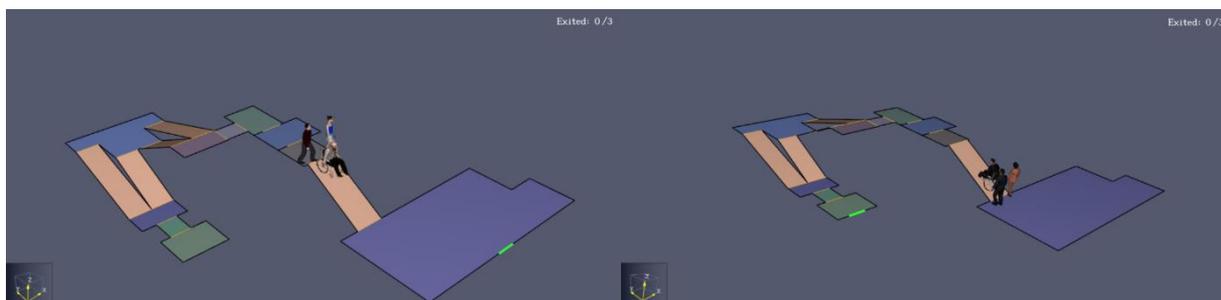


Рисунок 16 – Допомога під час руху у споруді ЦЗ

Таблиця 14

| Група мобільності осіб з інвалідністю | Розрахунковий час спуску | Розрахунковий час евакуації назовні | Параметр впливу | Базовий експеримент      |                                     |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------------------|
|                                       |                          |                                     |                 | Розрахунковий час спуску | Розрахунковий час евакуації назовні |
|                                       |                          |                                     |                 |                          |                                     |
| M4                                    | 63,3                     | 88,8                                | без пандусу     | 94,3                     | 99,0                                |

Критичні параметри шляхів евакуації до захисної споруди та СПП, від яких залежить можливість переміщення маломобільних груп населення (МГН), систематизовано в таблицях 15-18.

Таблиця 15

| Зовнішні пандуси |                                |                                    |      |       |        |                |        |
|------------------|--------------------------------|------------------------------------|------|-------|--------|----------------|--------|
| Параметр         |                                |                                    |      |       |        |                |        |
| Зовнішній пандус |                                |                                    |      |       |        |                |        |
| Висота підйому   | Висота пан. до гор. майданчика | Довжина пан. окрім гор. майданчика | Ухил |       | Ширина | Гор. майданчик |        |
|                  |                                |                                    |      |       |        | Довжина        | Ширина |
| H, м             | h, м                           | L, м                               | %    | -     | b, м   | L, м           | b, м   |
| 1,62             | 1,62                           | 5,35                               | 30   | 1:3,3 | 0,8    | 1,50           | 1,50   |

Таблиця 16

| Внутрішні пандуси |       |        |                |        |
|-------------------|-------|--------|----------------|--------|
| Внутрішні пандуси |       |        |                |        |
| Ухил              |       | Ширина | Гор. майданчик |        |
|                   |       |        | Довжина        | Ширина |
| %                 | -     | b, м   | L, м           | b, м   |
| 30                | 1:3,3 | 1,0    | 1,5            | 1,5    |

Таблиця 17

| Внутрішні сходові клітки |       |       |               |        |
|--------------------------|-------|-------|---------------|--------|
| Внутрішні СК             |       |       |               |        |
| Ширина маршу             | Уклон |       | Гор. площадка |        |
|                          |       |       | Довжина       | Ширина |
| b, м                     | %     | -     | L, м          | b, м   |
| 1,35                     | 66,6  | 1:1,5 | 1,5           | 1,5    |

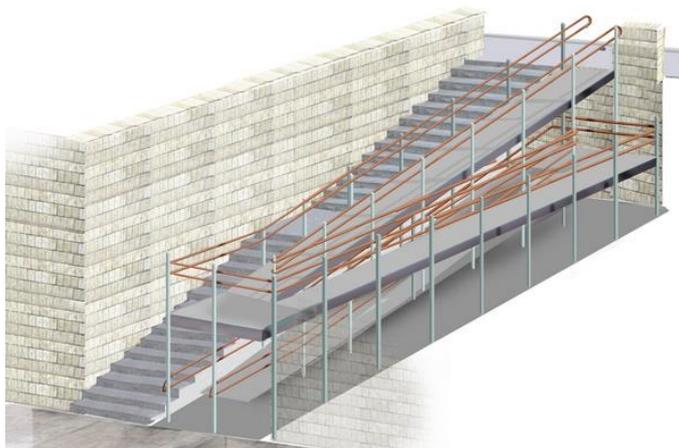
Таблиця 18

| Входи та проходи           |                       |        |                      |        |               |                           |                  |
|----------------------------|-----------------------|--------|----------------------|--------|---------------|---------------------------|------------------|
| Вхід в будівлю та коридори |                       |        |                      |        |               |                           |                  |
| Ширина                     | Площадка перед входом |        | Тамбур (тамбур-шлюз) |        |               | Коридори та проходи до СК |                  |
|                            | Довжина               | Ширина | Довжина              | Ширина | Ширина дверей | Ширина виходів на СК      | Ширина коридорів |
| b, м                       | L, м                  | b, м   | L, м                 | b, м   | b, м          | b, м                      | b, м             |
| 0,8                        | 1,50                  | 1,50   | 1,0                  | 1,3    | 0,8           | 0,8                       | 0,8              |

Наступним етапом стало моделювання пересування за умови наявності різного роду пристосувань, зокрема «розумних».

На сьогодні актуальним є питання адаптації існуючих внутрішніх сходових кліток будівель для використання у складі споруд цивільного захисту.

У деяких випадках існує можливість переобладнання сходових кліток шляхом встановлення пандуса.



**Рисунок 17** – Пристосування сходової клітки [15]

У більшості випадків забезпечити доступність осіб з інвалідністю групи мобільності М4 до захисної споруди або СПП можливо лише під час капітального ремонту або реконструкції.

У разі неможливості встановлення пандуса застосовується розумне пристосування – встановлення підйомних пристроїв, механізмів тощо, відповідно до вимог таких нормативних документів: ДСТУ EN 81-40, ДСТУ EN 81-41, ДСТУ EN 81-22, ДСТУ EN 81-70, ДСТУ EN 81-71, ДСТУ CEN/TS 81-76, ДСТУ EN 12158-1, а також ДБН В.2.2-40.

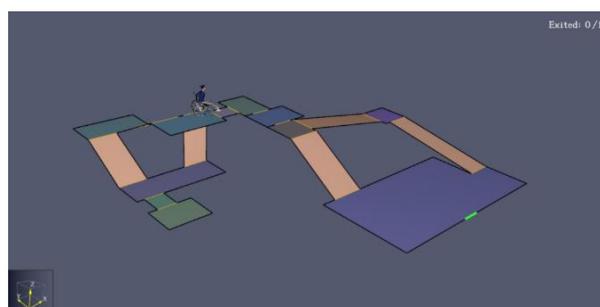
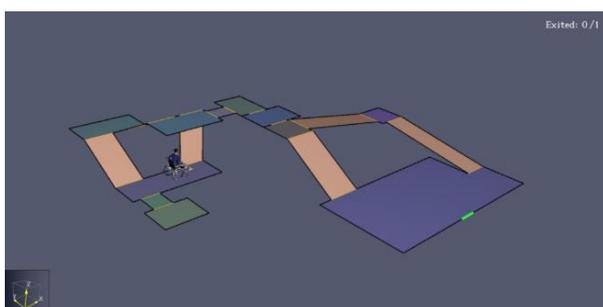
1. Ліфти для осіб з інвалідністю групи мобільності М1-М4.



**Рисунок 18** – Ліфт [9–13]

Основні характеристики:

- максимальна вага: 200-450 кг;
- мінімальний проїзд: 100 мм;
- швидкість підйому/спуску: 0,15 м/с.



**Рисунок 19** – Моделювання пересування з використанням ліфта

Таблиця 19

Отримані дані розрахунку часу спуску та евакуації назовні до захисної споруди або СПП

| Група мобільності осіб з інвалідністю | Розрахунковий час спуску | Розрахунковий час евакуації назовні | Параметр впливу | Базовий експеримент      |                                     |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------------------|
|                                       |                          |                                     |                 | Розрахунковий час спуску | Розрахунковий час евакуації назовні |
| M1                                    | 16,4                     | 17,0                                | ліфт            | 21,7                     | 22,5                                |
| M2                                    | 58,1                     | 57,8                                |                 | 74,5                     | 74,3                                |
| M3                                    | 36,4                     | 40,3                                |                 | 57,5                     | 62,3                                |
| M4                                    | 49,6                     | 53,0                                |                 | 94,3                     | 99,0                                |

Але його використання заборонене у разі виникнення надзвичайної ситуації.

2. Механізми для підйому або спуску осіб з інвалідністю групи мобільності М4 на певну висоту без проведення ремонтних робіт сходової клітки або будь-якого переобладнання.



Рисунок 20 – Механізм для підйому/спуску [14, 16]

Основні характеристики:

- максимальне навантаження – до 400 кг
- висота підйому/спуску: від 0,6 до 3,0 м
- швидкість підйому/спуску: 0,15 м/с
- розміри (ш×г), мм: 1100×1400

Таблиця 20

Отримані дані розрахунку часу спуску та евакуації назовні до захисної споруди або СПП.

| Група мобільності осіб з інвалідністю | Розрахунковий час спуску | Розрахунковий час евакуації назовні | Параметр впливу | Базовий експеримент      |                                     |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------------------|
|                                       |                          |                                     |                 | Розрахунковий час спуску | Розрахунковий час евакуації назовні |
| M4                                    | 49,6                     | 53,0                                | мех.            | 94,3                     | 99,0                                |

3. У більшості випадків планування внутрішньої сходової клітки унеможлиблює встановлення додаткових механізмів на сходових маршах.

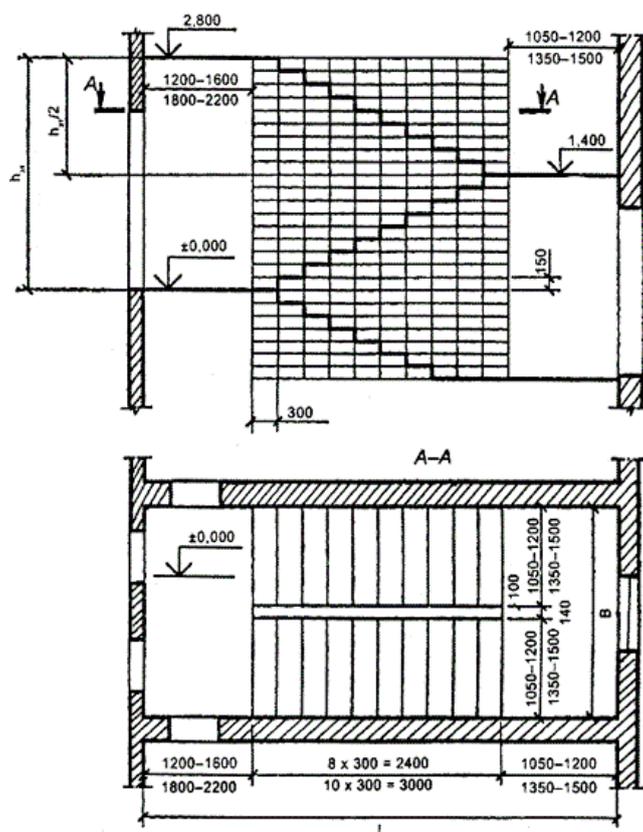


Рисунок 21 – Сходові марші [3–4, 15]

Для цього існують механізми для пристосування внутрішньої сходової клітки без залучення додатково простору та перевлаштування.



Рисунок 22 – Механізм для пристосування внутрішньої сходової клітки [3–4, 16]

Основні характеристики:

- максимальна вага до 225 кг;
- максимальний ухил 45° (опціонально 52°);
- швидкість підйому/спуску 0,15 м/с;
- розміри (ШхГ), мм: 750x850, 800x1000, 800x1250.

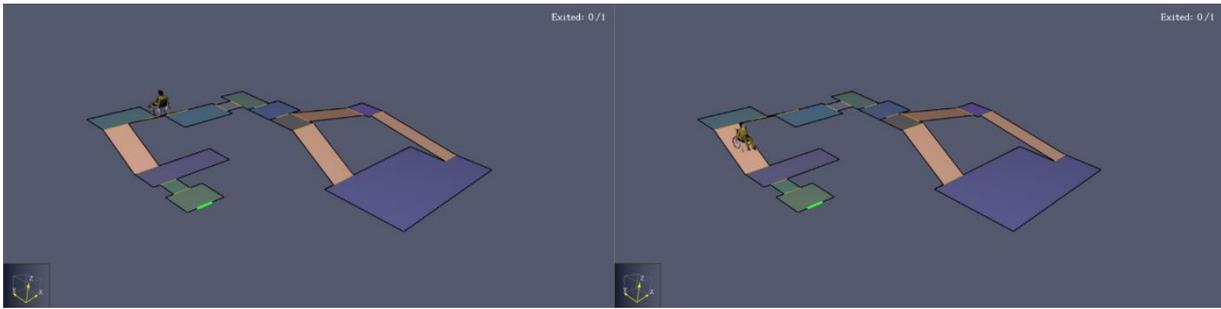


Рисунок 23 – Моделювання пересування механізми для пристосування внутрішньої сходової клітки

Таблиця 21

Отримані дані розрахунку часу спуску та евакуації назовні до захисної споруди або СПП.

| Група мобільності осіб з інвалідністю | Розрахунковий час спуску | Розрахунковий час евакуації назовні | Параметр впливу | Базовий експеримент      |                                     |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------------------|
|                                       |                          |                                     |                 | Розрахунковий час спуску | Розрахунковий час евакуації назовні |
| M4                                    | 106,1                    | 98,8                                | 50%             | 94,3                     | 99,0                                |

Але відбувається зменшення ширини маршруту сходової клітки для людського потоку, що прямує до захисної споруди або залишає її.

Вивчення впливу на людський потік під час евакуації за наявності встановленого похилого механізму для пересування особи з інвалідністю групи мобільності M4.

4. Безпечні пересувні пандуси для осіб з інвалідністю групи мобільності M4.



Рисунок 24 – Безпечний пересувний пандус

Таблиця 22

Характеристики безпечних пересувних пандусів

| Модель | Довжина | Ширина | Вага   | Макс. навантаження | Макс. висота |
|--------|---------|--------|--------|--------------------|--------------|
| IRC075 | 52 см   | 75 см  | 2,6 кг | 250 кг             | 15 см        |
| IRC120 | 92 см   | 75 см  | 3,9 кг | 250 кг             | 25 см        |
| IRC150 | 116 см  | 75 см  | 5,0 кг | 250 кг             | 30 см        |
| IRC200 | 150 см  | 75 см  | 6,8 кг | 250 кг             | 40 см        |

Які можуть встановлюватись на маршруті внутрішньої сходової клітки будівлі, що веде до захисної споруди або СПП.

5. Гусеничний підйомник крісла-колісні для пересування сходовими клітками до захисної споруди або СПП.



Рисунок 25 – Гусеничний підйомник крісла-колісного

Основні характеристики:

- максимальне навантаження – до 130 кг
- час роботи: 50 поверхів (1000 сходинок)
- максимальна висота сходинки: 18 см
- максимальний ухил: 35°
- швидкість підйому/спуску: 10, 14, 18 сходинок/хв або 0,1 м/с

Таблиця 23

Отримані дані розрахунку часу спуску та евакуації назовні до захисної споруди або СПП.

| Група мобільності осіб з інвалідністю | Розрахунковий час спуску | Розрахунковий час евакуації назовні | Параметр впливу | Базовий експеримент      |                                     |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------------------|
|                                       |                          |                                     |                 | Розрахунковий час спуску | Розрахунковий час евакуації назовні |
| M4                                    | 112,3                    | 104,3                               | 50%             | 94,3                     | 99,0                                |

Відповідне інтелектуальне пристосування, що використовується разом із гусеничним підйомником, дає змогу надавати допомогу особам з інвалідністю групи мобільності M4. Ця допомога може здійснюватися однією особою для забезпечення переміщення по маршах сходової клітини або по внутрішніх пандусах з ухилом понад 30 % [21-26].

Також відповідне розумне пристосування класифікується як допоміжний засіб для способу пересування за участі двох осіб, які можуть транспортувати крісло-колісне з особою до захисної споруди або СПП. Для цього способу пересування встановлено аналогічну швидкість – 0,1 м/с. Проте зазначене пристосування значно зменшує фізичні навантаження та труднощі, що можуть виникати під час транспортування двома особами без його використання.

За результатами розрахунків сформовано такі рекомендації щодо пристосування об'єктів фонду захисних споруд цивільного захисту до потреб осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення:

Горизонтальні комунікації повинні бути зручними для всіх маломобільних груп населення. Об'єкти, меблі, конструкції та інші елементи не мають перешкоджати руху в транзитній зоні коридору. До таких об'єктів належать: батареї, вогнегасники, рослини, меблі або будь-які інші

предмети, що можуть ускладнювати пересування. На шляхах руху не допускається наявність порогів. Ширина транзитних коридорів повинна становити не менше 1,8 м.

З метою забезпечення евакуації людей зі споруд цивільного захисту організація внутрішнього руху має відповідати вимогам ДБН В.1.1-7:2016 [6] з урахуванням таких положень:

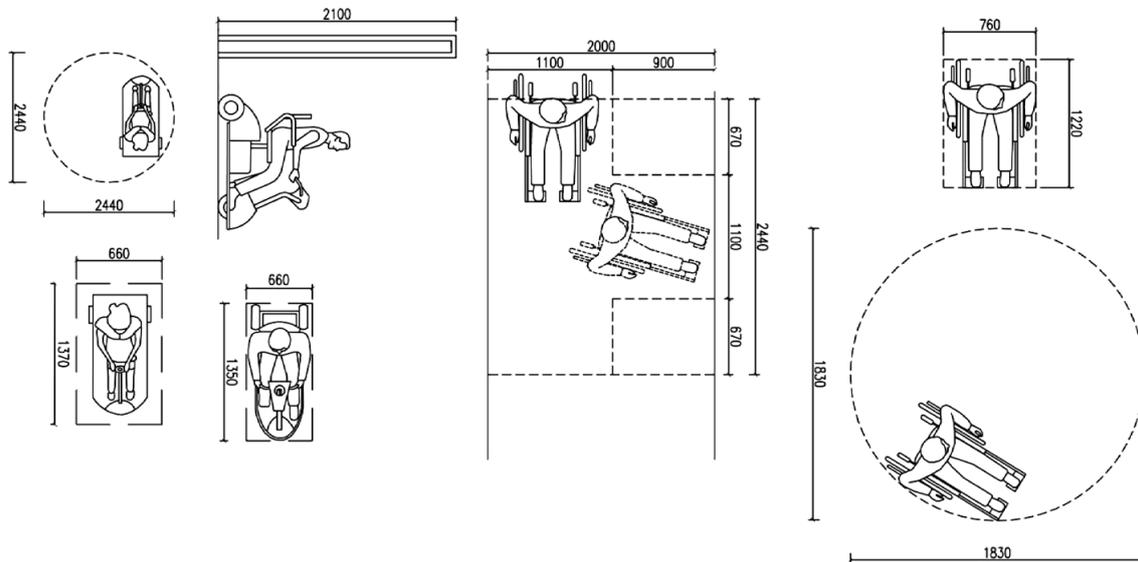
- ширина шляху руху в коридорах та приміщеннях має бути не меншою за 1,5 м;
- ширина проходу у приміщеннях з обладнанням і меблями – не менше 1,2 м;
- підлоги в приміщеннях рекомендовано влаштовувати з негорючих матеріалів без додаткових опоряджень, із застосуванням засобів тактильної навігації.

Ширина дверних і відкритих прорізів у стінах, а також виходів з приміщень на сходову клітку повинна бути не менше 0,9 м.

Ширина провітрю дверей і відкритих прорізів повинна становити не менше 1,4 м, без поріжків. Нижня частина дверей має бути обладнана протиударною смугою.

Підходи до обладнання та меблів повинні бути шириною не менше 0,9 м. Діаметр зони, необхідної для самостійного розвороту особи з інвалідністю на кріслі-колісному, має бути не меншим за 1,5 м (рисунок 26).

Вертикальні комунікації мають бути доступними для всіх маломобільних груп населення. Їх доцільно облаштовувати у вигляді ліфтів, підйомників, сходів та пандусів.



**Рисунок 26** – Габарити крісел колісних і скутерів та можливості їх розвороту на 360° (відповідно до ДБН В.2.2- 40:2018) [4]

Рекомендується проектувати сходові марші з урахуванням таких вимог (приклад зображено на рисунку 27):

- ширина у провітрю має становити не менше ніж 1,35 м;
- на початку та в кінці сходового маршу слід передбачити вільну зону розміром 1,5 × 1,5 м, що відповідає ширині маршу;
- у межах маршу не повинно бути жодних перешкод чи дверей, що відчиняються;
- відкриті прорізи на сходових майданчиках, з міркувань безпеки, мають бути обладнані бортиками заввишки не менше 50 мм, бажано – 100 мм;
- сходовий марш має містити щонайменше 3, але не більше 18 сходинок. За можливості, кількість сходинок у послідовних прольотах слід уніфікувати;
- ширина проступу повинна бути не меншою за 0,3 м, а висота підйому – не більшою за 0,15 м. Нахил сходів не повинен перевищувати співвідношення 1:2, при цьому край сходинки має бути заокруглений з радіусом не більше 0,02 м. Бічні краї сходинок, які не прилягають до стін, мають бути обладнані бортиками заввишки не менше 0,02 м.

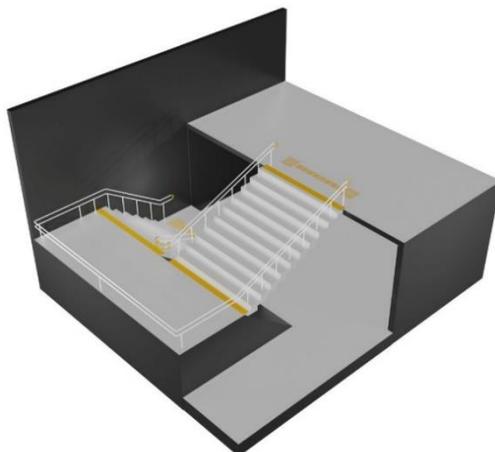


Рисунок 27 – Загальний рекомендований концепт сходового маршу

– По обидва боки сходів мають бути встановлені поручні. Вони повинні бути неслизькими, мати контрастне забарвлення щодо стін і візуально виділятися на фоні поверхні кріплення. Поручні повинні бути гладенькими, без абразивних або травмонебезпечних елементів.

– Рекомендована висота встановлення поручнів – 0,7 м та 0,9 м. На обох кінцях, у верхній та нижній частинах сходів, поручні повинні мати горизонтальне продовження довжиною 0,3 м.

– Слід уникати гострих кутів і виступів. Діаметр поручнів має становити 40-45 мм, а відстань від їхнього краю до стіни – щонайменше 50 мм.

– Огородження сходових маршів і майданчиків рекомендується виготовляти з вертикальних елементів, відстань між якими не повинна перевищувати 100 мм.

– Візуальна контрастність забезпечується маркуванням крайніх (першої та останньої) сходинок горизонтальною смугою шириною 100 мм.

– Попереджувальні тактильні смуги слід розміщувати на початку та в кінці сходових маршів на відстані не менш як 0,2 м та не більш як 0,8 м від краю. Їхня ширина має відповідати ширині сходового маршу.

– На завершеннях поручнів доцільно передбачити рельєфне маркування поверхів у тактильному форматі та/або шрифтом Брайля [22]. Рекомендовані мінімальні розміри цифр: ширина – 0,01 м, висота – 0,015 м, висота рельєфу – щонайменше 0,002 м.

Пандуси в захисних спорудах повинні мати достатні розміри для забезпечення самостійного пересування представників маломобільних груп населення. Рекомендований ухил пандуса – не більше ніж 8 % (1:12) (приклад наведено на рис. 28).

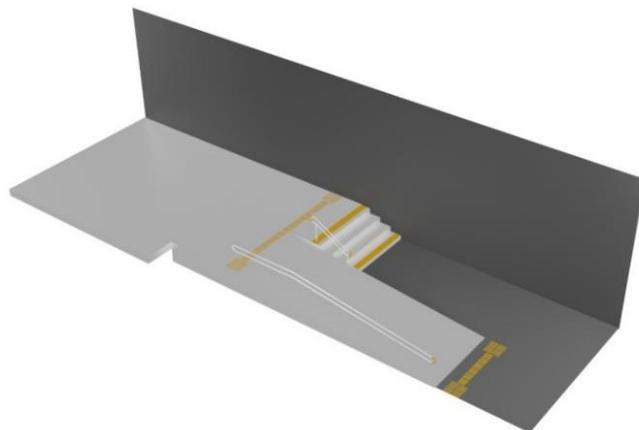


Рисунок 28 – Загальний рекомендований концепт пандусу

– Поверхня пандусів на шляхах пересування повинна бути шорсткою, добре помітною завдяки кольору або фактурі, що контрастує із прилеглими горизонтальними поверхнями.

– За можливості, поручні слід встановлювати з обох боків пандуса. Вони мають бути неслизькими, візуально контрастними щодо стін і поверхонь кріплення, гладенькими та без абразивних елементів.

– Рекомендована висота встановлення поручнів на пандусах – 0,7 м та 0,9 м. Завершення поручнів з обох боків (у верхній та нижній частинах) повинно мати горизонтальне продовження довжиною 0,3 м. Слід уникати гострих виступів і кутів.

– Діаметр поручнів має бути в межах 40-45 мм, а відстань між їхньою зовнішньою гранню та стіною – не менше 50 мм.

За наявності технічної можливості рекомендується облаштовувати вертикальні комунікації у вигляді ліфтів. Вони повинні забезпечувати самостійне користування маломобільними групами населення, а також бути придатними для транспортування лежачих осіб. Зокрема:

– Вільна зона перед входом до ліфта та в зоні кнопок виклику повинна мати розміри не менше  $1,5 \times 1,5$  м.

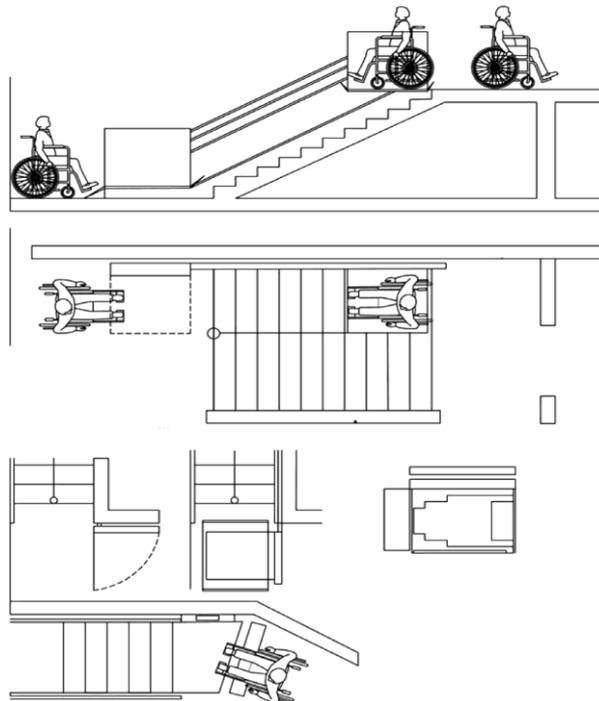
– Мінімальна ширина вхідного прорізу – 1,1 м, а висота – не менше 2 м.

– Двері ліфта мають залишатися відкритими не менше 8 секунд для забезпечення достатнього часу на посадку.

– Рекомендовані розміри кабіни – не менше 1,4 м у ширину та 2 м у глибину.

– Поручні в кабіні ліфта доцільно монтувати на висоті 0,8-0,95 м від рівня підлоги.

Відстань між поручнем і стіною повинна становити 35-45 мм. За можливості, поручні слід встановлювати на трьох стінах кабіни.



**Рисунок 29** – Приклад улаштування похилого підйомника (відповідно до ДБН В.2.2- 40:2018) [4]

Підйомники, що використовуються в захисних спорудах, мають забезпечувати самостійне користування маломобільними групами населення. Рекомендований ухил платформи підйомника – не більше 8 % (1:12) (див. рис. 29). Облаштування піднімальних платформ слід виконувати відповідно до вимог безпеки, встановлених [16].

Особливості конструкції вертикальних підйомників мають відповідати вимогам безпеки, викладеним у [14] (див. рис. 30).

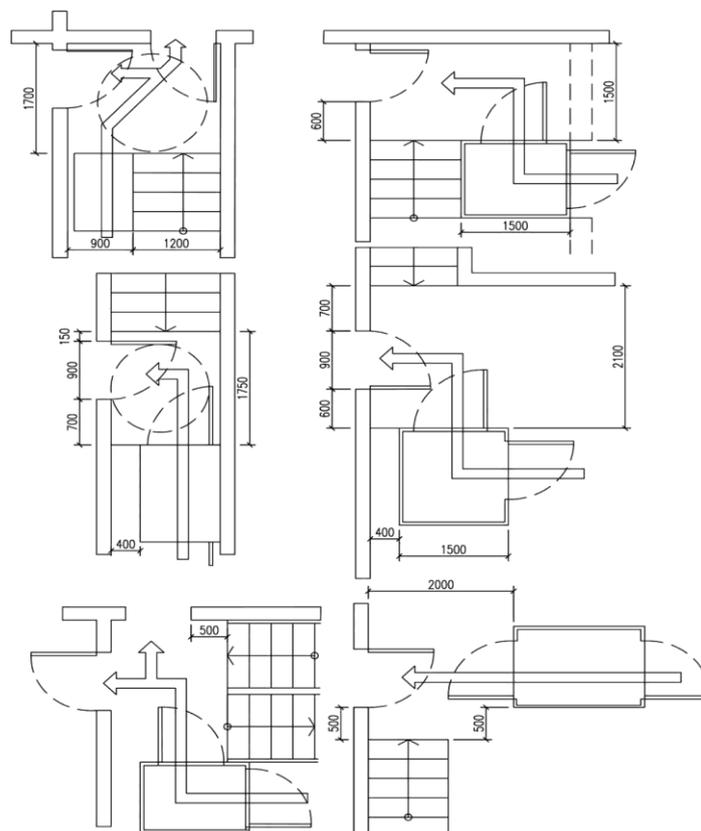
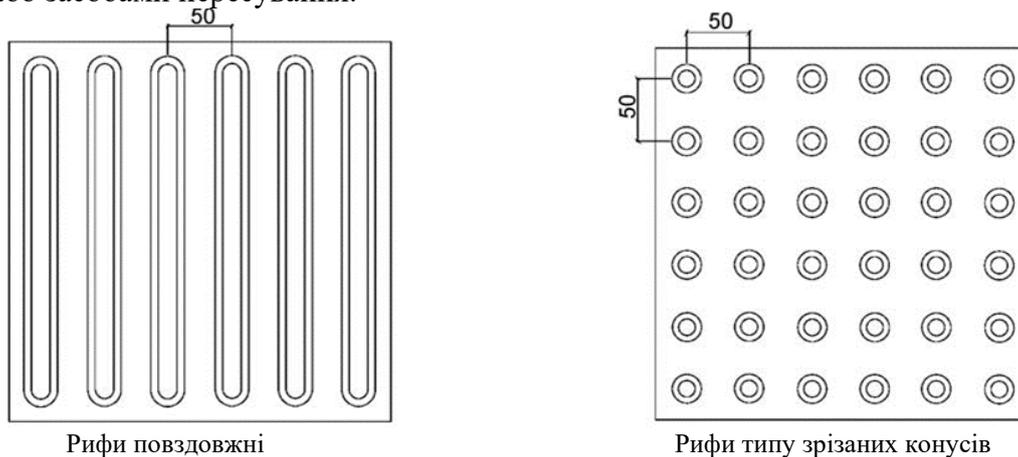


Рисунок 30 – Приклад улаштування вертикального підйомника (відповідно до ДБН В.2.2- 40:2018) [4]

- Доцільним є облаштування тактильних елементів доступності:
  - Середовище має бути безпечним і орієнтованим на потреби всіх користувачів, зокрема осіб з порушенням зору. Для цього необхідно передбачити тактильні елементи доступності (ТЕД), візуальні маркування, а також аудіопоказчики.
  - Тактильні елементи доступності повинні надавати особам з вадами зору достатню інформацію для самостійної орієнтації в інфраструктурі захисних споруд цивільного захисту. Основний принцип – сприйняття через дотик.
  - ТЕД поділяються на два типи: тактильні смуги (ТС) і тактильні інформаційні показчики.
  - Доцільно позначати тактильними елементами:
    - номери поверхів на поручнях або перилах сходів (символи наносяться зліва направо) та на одвірках ліфтових дверей;
    - номери поверхів біля кнопок у ліфтах або кнопок виклику допомоги;
    - номери та назви захисних споруд на горизонтальних настінних тактильних показчиках;
    - інші об'єкти – за потреби.
  - Мнемосхеми мають містити основну інформацію, яка сприяє самостійній навігації в межах споруди цивільного захисту або на прилеглої території.
- На мнемосхемах тактильно та шрифтом Брайля слід відображати [22]:
  - план поверхів захисної споруди,
  - схему евакуації,
  - схему прилеглої території (за наявності),
  - ключові локації споруди.
- Мнемосхеми необхідно розміщувати у зручному та легкодоступному місці, бажано поблизу входу чи виходу до споруди.
- Тактильні смуги (ТС) повинні відрізнятися на дотик від основної поверхні (розпізнаватися тростиною або ногами) та мати контрастне забарвлення й фактуру.

- Їх призначення – сигналізація про небезпеку, орієнтування на маршруті до або в межах захисних споруд, на пішохідних шляхах, а також у зоні посадки/висадки з транспорту.
- ТС позначають початок і кінець маршруту, зміну напрямку руху, надають довідкову чи іншу інформацію.
- У місцях встановлення ТС не повинно бути жодних перешкод (на кшталт решіток, люків, стовпів або обмежувачів руху), які можуть заважати або створювати небезпеку.
- ТС поділяються на три типи: попереджувальні, спрямувальні та інформаційні. Вони можуть бути зовнішніми (на вулиці біля споруд) або внутрішніми (у приміщеннях).
- За способом виконання ТС класифікують на стандартні та спеціальні.
- Стандартні ТС: Зовнішні – бордюри, газони, пішохідні доріжки, що з одного чи обох боків мають іншу фактуру або матеріал (різні типи плитки, бруківки, асфальту), які тактильно й візуально вирізняються. Водночас вони не повинні дисонувати із загальним виглядом середовища. Внутрішні – килимки, решітки для витирання ніг, килимові доріжки чи підлогове покриття, що тактильно та візуально відрізняються між собою.
- Спеціальні ТС: Це тактильні поверхні, виготовлені зі спеціалізованих тактильних індикаторів (див. рис. 31).
- Основні параметри тактильних смуг – розміри, колір, форма рифлення, призначення, правила застосування та вимоги до поверхні – мають відповідати чинним вимогам безпеки пішохідного і дорожнього руху.
- ТС повинні бути надійно закріплені, не зміщуватись і не підніматися при контакті з взуттям або засобами пересування.

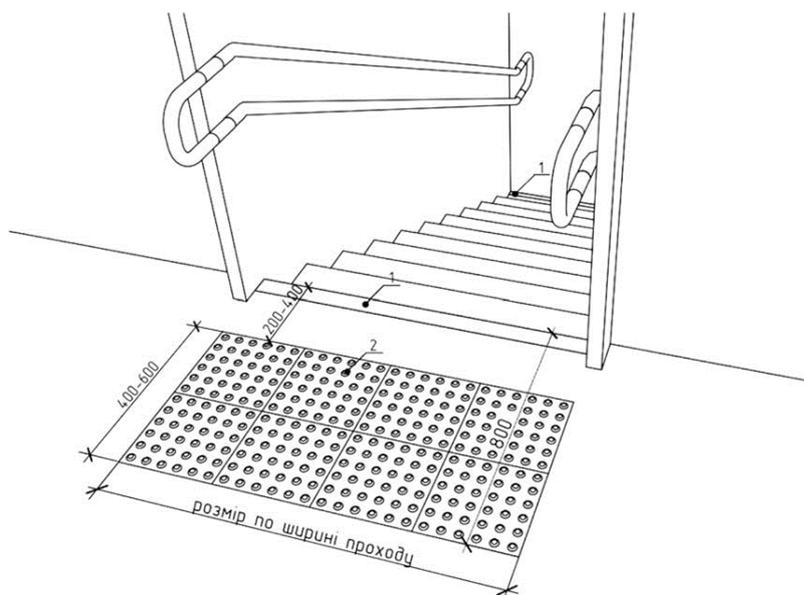


**Рисунок 31** – Спеціальні тактильні індикатори (плити) (відповідно до ДБН В.2.2- 40:2018) [4]

- Поверхня ТС має бути жорсткою, стійкою до зношування, здатною витримувати інтенсивний механічний вплив. Термін експлуатації ТС повинен відповідати строку служби прилеглого покриття.
- Попереджувальні тактильні смуги застосовуються для сигналізації про наявність бар'єрів, небезпечних зон або перешкод.
- Спеціальні попереджувальні ТС мають бути завширшки не менше 0,4-0,6 м та містити рельєф у вигляді зрізаних конусів висотою 0,004-0,005 м.
- Початок розміщення попереджувальної ТС має знаходитись на відстані не менше ніж 0,8 м від потенційної перешкоди (див. рис. 32).

Евакуація зі споруди цивільного захисту (ЦЗ) рекомендована лише після отримання офіційної інформації про відсутність небезпеки (після уточнення обстановки в районі споруди) або у разі вимушеної евакуації за розпорядженням відповідальної особи. Підставами для проведення вимушеної евакуації можуть бути:

- ушкодження споруди, що унеможливує подальше перебування в ній осіб;



**Рисунок 32** – Застосування попереджувальної тактильної смуги перед початком сходів: 1 – виділення контрастною попереджувальною смугою першої і останньої сходинки маршу; 2 – попереджувальна ТС (відповідно до ДБН В.2.2- 40:2018) [4]

- затоплення приміщень;
- виникнення пожежі чи утворення небезпечних концентрацій шкідливих речовин у повітрі;

- досягнення критичних параметрів мікроклімату в укритті.

Вимоги до шляхів евакуації:

- У транзитних коридорах під час евакуації не допускається розміщення будь-яких предметів, що можуть перешкоджати руху (батарей, вогнегасників, вазонів, меблів тощо).

- Пороги на шляхах евакуації заборонені.

- Горизонтальні поручні: рекомендується встановлювати з обох боків коридору на висоті 0,85–1,1 м від підлоги, з нижнім кріпленням.

- Захисні бампери: доцільно монтувати на висоті 0,6–0,9 м.

- Захисне покриття стін: рекомендована висота – не менше 1,2 м від рівня підлоги.

Підходи до зовнішніх дверей укриттів, двері, сходові марші повинні бути в справному стані, чистими, взимку – очищеними від снігу та льоду. Захарачення входів неприпустиме.

Вимоги до входів і евакуаційних виходів:

- Входи повинні забезпечувати вільний доступ, у тому числі для осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення, і відповідати нормативній пропускну здатності.

- Місця розміщення первинних засобів пожежогащення та планів евакуації мають бути чітко позначені та освітлені.

- У разі пошкодження основних входів/виходів необхідно здійснювати евакуацію через аварійні виходи.

- Якщо використання навіть аварійних виходів неможливе, допускається організація евакуації шляхом створення отворів у зовнішніх конструкціях. Місця для таких отворів визначаються за планом споруди, з урахуванням мінімального обсягу робіт, безпеки та зручності евакуації.

Забезпечення безпеки евакуації:

- Укриття повинно мати щонайменше два евакуаційні виходи. Людські потоки мають бути спрямовані по прямолінійних, непересічних маршрутах.

- Не допускається блокування евакуаційних дверей замками, засовами тощо.

- Аварійні й запасні виходи мають бути позначені відповідними знаками та дублюватися табличками з напрямними стрілками.

Евакуаційне освітлення:

– Сходові клітки, внутрішні та зовнішні сходи, коридори, проходи й інші евакуаційні маршрути мають бути оснащені аварійним (евакуаційним) освітленням відповідно до:

– ДБН В.2.5-28:2018 [4]

– ДСТУ EN 1838:2019 (EN 1838:2013, IDT) [19]

– ДСТУ EN 50172:2019 (EN 50172:2004, IDT) [20].

– Установлення, випробування та обслуговування евакуаційного освітлення мають виконуватись згідно з [17-20].

Вимоги до місць для сидіння в зоні евакуації:

– Рекомендується розміщувати місця для сидіння у спеціально відведених нішах, на відстані щонайменше 1,2 м від транзитної зони.

– Поруч має бути передбачено вільне місце розміром  $1,0 \times 1,5$  м для розміщення людини на кріслі колісному.

– Стандартна висота сидіння – 450-500 мм. Допускається наявність спинок (кут нахилу  $100^\circ$ – $105^\circ$ ) і підлокітників (на висоті 220-300 мм від сидіння).

### Висновки

За результатами проведеної роботи сформовано рекомендації щодо пристосування об'єктів фонду захисних споруд цивільного захисту до потреб осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення, а також отримано такі висновки:

1. Проаналізовано чинну нормативну базу та вимоги щодо забезпечення доступності й безпеки для маломобільних груп населення в об'єктах фонду захисних споруд цивільного захисту. Встановлено, що до 2018 року питання маломобільності було відображено фрагментарно. Більшість захисних споруд було зведено до моменту активного оновлення нормативної бази, тому виокремлено елементи, які доцільно удосконалити задля підвищення рівня доступності.

2. Змодельовано процеси спуску та підйому населення до захисних споруд ЦЗ за різних умов. Створено модель приміщення складної конфігурації для урахування особливостей пересування людей у потоці. Під час моделювання передбачено як відповідність нормативним вимогам щодо габаритів і умов евакуаційних шляхів, так і відхилення, зокрема: максимально допустимі відхилення, варіанти "розумного" пристосування маршрутів евакуації та сходових клітин з урахуванням встановлення допоміжного обладнання. Встановлено, що час спуску та підйому у різних випадках істотно відрізняється. Зокрема, використання "розумних" пристосувань призводить до збільшення часу евакуації в середньому на 45%, однак значно знижує фізичне навантаження на осіб з інвалідністю та інших МГН.

3. Проведено повнофакторний обчислювальний експеримент із розрахунку часу спуску та евакуації маломобільних груп населення за різних умов та типів структури укриттів. На основі результатів розрахунків розроблено практичні рекомендації щодо адаптації об'єктів фонду захисних споруд цивільного захисту до потреб осіб з інвалідністю та інших маломобільних груп населення, з урахуванням нормативних вимог і сучасних технічних рішень.

### Список використаних джерел

1. Кабінет Міністрів України. (2021, 14 квітня). *Про схвалення Національної стратегії із створення безбар'єрного простору в Україні на період до 2030 року: Розпорядження № 366-р.*

2. Верховна Рада України. (2011, 17 лютого). *Закон України "Про регулювання містобудівної діяльності" № 3038-VI.*

3. Міністерство розвитку громад та територій України. (2023). *ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту.*

4. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та ЖКГ України. (2018). *ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення.*

5. Верховна Рада України. (2020, 16 січня). *Закон України № 473-IX про внесення змін до Закону України "Про регулювання містобудівної діяльності".*

6. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та ЖКГ України. (2016). ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
7. Міністерство внутрішніх справ України. (2018, 9 липня). Наказ № 579. Вимоги щодо забезпечення нумерації та здійснення обліку фонду захисних споруд цивільного захисту.
8. ДП «УкрНДНЦ». (2019). ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення.
9. ДП «УкрНДНЦ». (2022). ДСТУ EN 81-40:2022. Безпечність конструкції та експлуатування ліфтів. Частина 40. Сходові підіймачі та похилі підіймальні платформи для осіб з обмеженою рухливістю (EN 81-40:2020, IDT).
10. ДП «УкрНДНЦ». (2016). ДСТУ EN 81-41:2016. Спеціальні ліфти для перевезення осіб та вантажів. Частина 41. Вертикальні підіймальні платформи (EN 81-41:2010, IDT).
11. ДП «УкрНДНЦ». (2017). ДСТУ EN 81-22:2017. Ліфти електричні нахилені (EN 81-22:2014, IDT).
12. ДП «УкрНДНЦ». (2019). ДСТУ EN 81-70:2019. Зручність доступу до ліфтів пасажирів (EN 81-70:2003, IDT).
13. ДП «УкрНДНЦ». (2019). ДСТУ EN 81-71:2019. Ліфти, стійкі до вандалізму (EN 81-71:2018 + AC:2019, IDT).
14. ДП «УкрНДНЦ». (2018). ДСТУ EN 12158-1:2018. Будівельні підіймачі для вантажів. Частина 1 (EN 12158-1:2000 + A1:2010, IDT).
15. ДП «УкрНДНЦ». (2005). ДСТУ ISO 9386-2:2005. Приводні сходові підйомники для пересування по нахиленій площині.
16. ДП «УкрНДНЦ». (2005). ДСТУ ISO 9386-1:2005. Вертикальні підіймальні платформи.
17. ДП «УкрНДНЦ». (2016). ДСТУ EN 12464-1:2016. Освітлення робочих місць. Частина 1 (EN 12464-1:2011, IDT).
18. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та ЖКГ України. (2018). ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення.
19. ДП «УкрНДНЦ». (2019). ДСТУ EN 1838:2019. Освітлення аварійне (EN 1838:2013, IDT).
20. ДП «УкрНДНЦ». (2019). ДСТУ EN 50172:2019. Системи евакуаційного освітлення (EN 50172:2004, IDT).
21. ДП «УкрНДНЦ». (2021). ДСТУ 9077:2021. Засоби очищення повітря захисних споруд цивільного захисту.
22. ДП «УкрНДНЦ». (2017). ДСТУ ISO 17049:2017. Доступне проектування. Шрифт Брайля (ISO 17049:2013, IDT).
23. Кабінет Міністрів України. (2022, 17 грудня). Постанова № 1401. Питання організації та функціонування пунктів незламності.
24. Міністерство інфраструктури України. (2018). ДБН В.2.3-7:2018. Метрополітени.
25. ДП «УкрНДНЦ». (2022). Кодекс 3-1:2022. Метрополітени. Частина 1. Проектування.
26. Telegraf. (n.d.). Портал новин. <https://news.telegraf.com.ua/ukr/ukraina/>

### References

1. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2021, April 14). On the approval of the National Strategy for Creating a Barrier-Free Space in Ukraine for the period up to 2030: Directive No. 366-r.
2. Verkhovna Rada of Ukraine. (2011, February 17). Law of Ukraine "On regulation of urban development activities" No. 3038-VI.
3. Ministry for Communities and Territories Development of Ukraine. (2023). DBN В.2.2-5:2023. Protective structures of civil protection.
4. Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine. (2018). DBN В.2.2-40:2018. Inclusiveness of buildings and structures. General provisions.
5. Verkhovna Rada of Ukraine. (2020, January 16). Law of Ukraine No. 473-IX amending the Law "On regulation of urban development activities".

6. Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine. (2016). DBN B.1.1-7:2016. Fire safety of construction objects.
7. Ministry of Internal Affairs of Ukraine. (2018, July 9). Order No. 579. Requirements for numbering and accounting of the fund of protective civil defense structures.
8. SE "UkrNDNC". (2019). DSTU 8828:2019. Fire safety. General provisions.
9. SE "UkrNDNC". (2022). DSTU EN 81-40:2022. Safety rules for the construction and installation of lifts. Part 40. Stair lifts and inclined lifting platforms for persons with limited mobility (EN 81-40:2020, IDT).
10. SE "UkrNDNC". (2016). DSTU EN 81-41:2016. Vertical lifting platforms for persons with limited mobility (EN 81-41:2010, IDT).
11. SE "UkrNDNC". (2017). DSTU EN 81-22:2017. Inclined electric lifts (EN 81-22:2014, IDT).
12. SE "UkrNDNC". (2019). DSTU EN 81-70:2019. Accessibility to lifts, including for persons with disabilities (EN 81-70:2003, IDT).
13. SE "UkrNDNC". (2019). DSTU EN 81-71:2019. Vandal-resistant lifts (EN 81-71:2018 + AC:2019, IDT).
14. SE "UkrNDNC". (2018). DSTU EN 12158-1:2018. Construction hoists for goods. Part 1. Hoists with accessible platforms (EN 12158-1:2000 + A1:2010, IDT).
15. SE "UkrNDNC". (2005). DSTU ISO 9386-2:2005. Powered stairlifts for users with reduced mobility – Part 2. Inclined stairlifts for seated, standing and wheelchair users.
16. SE "UkrNDNC". (2005). DSTU ISO 9386-1:2005. Vertical lifting platforms for users with reduced mobility – Part 1. Vertical lifting platforms.
17. SE "UkrNDNC". (2016). DSTU EN 12464-1:2016. Lighting of indoor work places – Part 1 (EN 12464-1:2011, IDT).
18. Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine. (2018). DBN B.2.5-28:2018. Natural and artificial lighting.
19. SE "UkrNDNC". (2019). DSTU EN 1838:2019. Emergency lighting (EN 1838:2013, IDT).
20. SE "UkrNDNC". (2019). DSTU EN 50172:2019. Emergency escape lighting systems (EN 50172:2004, IDT).
21. SE "UkrNDNC". (2021). DSTU 9077:2021. Air purification systems for protective civil defense structures. General technical requirements.
22. SE "UkrNDNC". (2017). DSTU ISO 17049:2017. Accessible design – Application of braille on signage, equipment and devices (ISO 17049:2013, IDT).
23. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2022, December 17). Resolution No. 1401. On the organization and functioning of resilience points.
24. Ministry of Infrastructure of Ukraine. (2018). DBN B.2.3-7:2018. Subways.
25. SE "UkrNDNC". (2022). Code 3-1:2022. Subways. Part 1. Design.
26. Telegraf. (n.d.). News portal. <https://news.telegraf.com.ua/ukr/ukraina/>

## РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ У МИРНИЙ ЧАС ТА ОСОБЛИВИЙ ПЕРІОД

### РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ТА ДОСВІД ПРОВЕДЕННЯ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

**Сергій БІЛОУС**

помічник начальника чергової зміни з питань забезпечення оперативно-координаційного центру ГУ ДСНС України у Харківській області

**Олександр СИЧОВ**

начальник оперативно-координаційного центру ГУ ДСНС України у Запорізькій області

**Мар'ян ЛАВРІВСЬКИЙ**

старший викладач кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
pozarnik911@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8267-1996

**Олександр ЛЮБОВЕЦЬКИЙ**

старший викладач кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
oleksanrdsns.lv@gmail.com, ORCID: 0009-0007-7904-9091

**Володимир РИХВА**

викладач кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
0967753064@ukr.net, ORCID: 0009-0000-3510-3913

**Мета дослідження:** метою цього дослідження є аналіз особливостей реагування на надзвичайні ситуації (НС) в умовах ведення бойових дій, а також розробка ефективних механізмів координації дій органів державної влади, місцевого самоврядування, сил цивільного захисту та інших зацікавлених структур з метою мінімізації людських втрат, збереження інфраструктури та забезпечення життєдіяльності населення.

**Методи дослідження:** аналіз нормативно-правової бази, контент-аналіз, кейс-стаді.

**Результати:** Встановлено основні виклики, з якими стикаються служби цивільного захисту в умовах бойових дій: руйнування інфраструктури, обмежений доступ до зони ураження, загроза життю рятувальників, нестача технічних і медичних ресурсів.

**Теоретична цінність дослідження:** теоретична цінність дослідження полягає у систематизації та поглибленні наукових уявлень про особливості функціонування системи реагування на надзвичайні ситуації в умовах збройного конфлікту. У межах роботи розроблено концептуальну модель взаємодії між органами влади, службами цивільного захисту, військовими структурами та громадським сектором у кризових умовах. Розкрито специфіку адаптації існуючих механізмів управління надзвичайними ситуаціями до умов воєнного часу, що сприяє розвитку науково-практичної бази з кризового менеджменту, безпекових студій та цивільного захисту. Отримані теоретичні узагальнення можуть бути використані для подальших наукових досліджень, створення навчальних програм, а також розробки стратегічних документів у сфері національної безпеки та реагування на кризові події.

**Практична цінність дослідження:**

**Оригінальність:** інтегровано кількісні та якісні методи оцінки професійної підготовки фахівців у контексті воєнних та техногенних ризиків в Україні; унікальність підходу полягає в поєднанні міжнародних стандартів НАТО/ЄС із локальними умовами та реаліями сучасної війни.

**Практична цінність:** озвучені методичні рекомендації та інструментарій оцінки (опитувальник, гайд-інтерв'ю, SWOT-аналіз) можуть бути використані університетами й практичними службами для розробки та вдосконалення власних програм підвищення кваліфікації.

**Ключові слова:** надзвичайна ситуація, війна, цивільний захист, кризове реагування, безпека, координація, ризики.

## EMERGENCY RESPONSE AND EXPERIENCE IN CONDUCTING EMERGENCY RESCUE OPERATIONS UNDER MARTIAL LAW

**Serhii BILOUS**

Assistant to the Chief of the Duty Shift for Operational Coordination Center Support  
Main Department of the State Emergency Service of Ukraine in Kharkiv Region

**Oleksandr SYCHOV**

Head of the Operational Coordination Center  
Main Department of the State Emergency Service of Ukraine in Zaporizhzhia Region

**Marian LAVRIVSKYI**

Senior Lecturer, Department of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety,  
pozarnik911@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8267-1996

**Oleksandr LIUBOVETSKYI**

Senior Lecturer, Department of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety,  
oleksandrdsns.lv@gmail.com, ORCID: 0009-0007-7904-9091

**Volodymyr RYKHVA**

Lecturer, Department of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety,  
0967753064@ukr.net, ORCID: 0009-0000-3510-3913

**Research objective:** the aim of this study is to analyze the specific features of emergency response under combat conditions and to develop effective mechanisms for coordinating the actions of state authorities, local governments, civil protection forces, and other relevant entities to minimize human losses, preserve infrastructure, and ensure the continuity of life-support systems for the population.

**Research methods:** analysis of regulatory and legal frameworks, content analysis, case study.

**Results:** The study identified key challenges faced by civil protection services during armed conflict, including the destruction of infrastructure, limited access to affected areas, threats to the lives of rescuers, and shortages of technical and medical resources.

**Theoretical value of the study:** the theoretical value lies in the systematization and enhancement of scientific understanding regarding the functioning of emergency response systems during armed conflict. The study proposes a conceptual model of interaction among government authorities, civil protection services, military structures, and the public sector in crisis conditions. It reveals the specifics of adapting existing emergency management mechanisms to wartime conditions, contributing to the scientific and practical foundation of crisis management, security studies, and civil protection. The theoretical insights can be used for further scientific research, the development of educational programs, and the formulation of strategic documents in the field of national security and crisis response.

**Practical value of the study:**

**Originality:** the study integrates quantitative and qualitative methods for assessing the professional preparedness of specialists in the context of military and technological risks in Ukraine.

The uniqueness of the approach lies in combining NATO/EU international standards with local conditions and the realities of modern warfare.

**Practical significance:** the presented methodological recommendations and assessment tools (questionnaire, guided interview, SWOT analysis) can be used by universities and emergency services to develop and improve their own professional development programs.

**Keywords:** emergency situation, war, civil protection, crisis response, security, coordination, risks.

### Вступ

На всій території України класифіковано НС воєнного характеру державного рівня, внаслідок якої вимушено залишили своє житло понад 13 млн 470 тис. осіб (з них 3 млн 500 тис. дітей), за оперативною інформацією загинуло 12 тис. 162 особи (з них 659 дітей), 26 тис. 919 осіб поранено (з них 1 тис. 747 дітей). Загинули 100 рятувальників, ще 430 рятувальників отримали поранення.

Станом на квітень 2025 року внаслідок бойових дій зруйновано та пошкоджено 227 тис. 900 об'єктів інфраструктури, зокрема:

9 тис. 93 об'єктів життєзабезпечення;

1 тис. 696 об'єктів транспортної інфраструктури;

3 тис. 979 закладів освіти;

1 тис. 684 закладів охорони здоров'я;

196 тис. 71 житлових будинків;

1 тис. 18 адміністративних будівель;

10 тис. 314 інших (невійськових) об'єктів.

Підрозділами ДСНС України здійснено 59 тис. 346 виїздів на ліквідацію наслідків ведення бойових дій та надання допомоги постраждалому населенню, у ході яких:

врятовано життя 1 тис. 177 особам;

ліквідовано 5 тис. 646 пожеж, що виникли внаслідок обстрілів;

розібрано завали 773 зруйнованих споруд;

врятовано з-під завалів 248 осіб та деблоковано тіла 545 загиблих.

Крім цього, підрозділи ДСНС України залучалися до надання допомоги місцевим органам влади у забезпеченні життєдіяльності населення, зокрема:

підвезено понад 5 тис. 874 т харчових продуктів, 35 тис. 520 т питної і технічної води;

відновлено 10 тис. 568 прорізів вікон у більш ніж 963 об'єктах критичної інфраструктури та соціальної сфери.

### Приклади військової агресії рф.



Рисунок 1 – Часів Яр

О 21:17 09 липня 2022 року внаслідок обстрілу чотирма ракетами із застосуванням РСЗВ “Ураган” відбулось руйнування з 5-го по 1-й поверхи двох під'їздів п'ятиповерхового багатоквартирного житлового будинку в м. Часів Яр Бахмутського району.

Силами та засобами Головного управління було проведено аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи на місці руйнування житлового будинку. В результаті проведених робіт рятувальниками виявлено та вилучено з-під завалів тіла 48 загиблих людей, з них 1 дитина. 9 осіб отримали поранення. Рятувальниками проведено роботи з розбору завалів, розчищено та розібрано понад 530 т зруйнованих елементів будівлі.



Рисунок 2 – Покровськ

07 серпня 2023 року в період з 19:15 до 19:52 відбулося 2 ракетних обстріли із застосуванням ОТРК «Іскандер» по м. Покровськ Донецької області.

Перша ракета влучила о 19:15 по вул. Центральній, 147, в результаті чого загинуло 2 та постраждало 6 осіб. Пошкоджено 3 багатоквартирних будинки та 2 будівлі (заклад харчування та правоохоронних органів).

Після обстрілу з метою організації пошуково-рятувальних робіт на місці події було спрямовано підрозділи ДСНС України, керівництво та особовий склад Покровського РУП та ГУНП, парамедики. З метою недопущення проникнення сторонніх осіб було виставлено оточення. Під час виконання пошуково-рятувальних робіт відбувся другий обстріл.

Друга ракета о 19:52 влучила по вул. Центральній, 149, в результаті чого загинуло 5 осіб (з них 1 співробітник ДСНС України) та 75 осіб отримали поранення (з них 7 співробітників ДСНС України).

Всього внаслідок обстрілів загинуло 7 осіб та отримали поранення 81 особа. Пошкоджено 12 багатоквартирних житлових будинків та 7 будівель закладів міста.

Для проведення пошуково-рятувальних робіт залучалось 55 рятувальників та 15 одиниць техніки.

#### **Особливості організації реагування у військовий період**

Зважаючи на доступне обладнання, підготовку і можливості реалізації завдань пошуково-рятувальні роботи при руйнуванні будівель реалізуються на таких рівнях:

а) базовому – який включає рятувальні роботи виконувати усіма пожежно-рятувальними підрозділами ДСНС України, а також іншими підрозділами, які розташовані у його зоні відповідальності і здатні реалізовувати ці завдання у цілодобовій та круглорічній системі;

б) спеціалізованому – що реалізовується спеціалізованими пошуково-рятувальними відділеннями (далі – СПРВ), а також іншими підрозділами, оснащення і підготовка

рятувальників яких дозволяє реалізовувати у цілодобовій і круглорічній системах базові і спеціалізовані рятувальні заходи на території області або країни;

в) спеціалізованому із міжнародної допомоги – що реалізовується командою USAR за межами країни. [4]

### **Оперативне реагування на НС у військовий період в Харківській області**

Підпорядковані підрозділи Головного управління виконують завдання запризначенням у населених пунктах та/або на територіях, що потрапляють у зону обстрілів під час збройної агресії, із дотриманням особовим складом додаткових заходів безпеки та з урахуванням ситуації, що склалася на місці НС, пожежі, небезпечної події, пов'язаної з обстрілами.

Особовий склад підпорядкованих підрозділів Головного управління під час реагування на НС, пожежі, небезпечні події, робіт з розмінування (гуманітарного розмінування), проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт обов'язково повинен застосовувати індивідуальними засоби бронезахисту (бронезилети, бронешоломи) та бути забезпечений індивідуальними медичними аптечками із кровозупинними турнікетами; пожежно-рятувальні, аварійно-рятувальні автомобілі та спеціальні піротехнічні машини повинні бути укомплектовані медичними укладками і медичними ношами.

### **Бронезахист:**

Вага бронезилета 6 класу захисту або IV рівня захисту залежить від матеріалу бронеплити (пластин) і може перевищувати 20 кг. Безперервний час носіння бронезилету залежить від його маси та метеорологічних умов.

Орієнтовна тривалість носіння бронезилетів при температурі від  $-22^{\circ}\text{C}$  до  $+18^{\circ}\text{C}$  та відносній вологості повітря 60% наведено в таблиці.

| Вага бронезилета | Орієнтовний час безперервного носіння | Вага бронезилета | Орієнтовний час безперервного носіння |
|------------------|---------------------------------------|------------------|---------------------------------------|
| до 7 кг          | до 12 год                             | до 16 кг         | до 2 год                              |
| до 9 кг          | до 9 год                              | до 23 кг         | 1 год                                 |
| до 12 кг         | до 5 год                              |                  |                                       |

У разі використання особовим складом засобів бронезахисту рекомендується якомога частіше замінювати його на оперативних ділянках для відпочинку та недопущення перевантаження опорно-рухового апарату.

У випадку недостатньої кількості особового складу під час гасіння пожежі, ліквідації наслідків НС чи небезпечної події рекомендується, за можливості, зменшити фізичні навантаження шляхом зниження інтенсивності робіт. Наприклад, пожежного, який займався розбиранням конструкцій, на деякий час призначати підствольником.

З метою врахування оптимального фізичного навантаження на особовий склад караулу (відділення), задіяний до проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, доцільно його забезпечувати засобами індивідуального бронезахисту з однаковими технічними характеристиками.

Бронезилети особового складу чергових караулів (змін) зберігаються на стелажах поруч зі спеціальним захисним одягом або в іншому доступному місці, визначеному керівником підрозділу.

Для економії часу під час збору та виїзду оперативного розрахунку за сигналом «Тривога» рекомендується кожному пожежному-рятувальнику (рятувальнику) під час заступання на чергування здійснити підбір бронезилета за розміром і його регулювання під свою статуру.

Правильно підібраним та відрегульованим вважається бронезилет, у якому верхній край передньої бронеплити знаходиться на рівні верхнього краю грудної клітини, а нижній на рівні або трохи нижче сонячного сплетіння, в той час як верхній край задньої бронеплити знаходиться на рівні верхнього краю лопаток пожежного-рятувальника (рятувальника).

Бронезилет регулюється та одягається поверх верхнього одягу за сезоном або спеціального захисного одягу для пожежного.

Відповідальність за правильне регулювання бронезилета покладається на особу, яка його використовує протягом добового чергування.

Бронешолом із класом захисту 1А або III-А рівнем захисту забезпечує захист голови при падіннях, ударах, від впливу вибухової хвилі, дрібних осколків, пістолетних куль і куль легкої стрілецької зброї.

Середня вага бронешолома може становити до 2 кг. Зазвичай кулезахисні шоломи бувають 4 розмірів т залежно від обхвату голови маркуються:

S – обхват голови менше 54 см;

M – обхват голови до 56 см;

L – обхват голови до 60 см;

XL – обхват голови більше 60 см.

Враховуючи, що бронешолом не призначений для захисту голови, органів дихання і зору від впливу полум'я та високих температур, слід в обов'язковому порядку використовувати термостійкі підшоломники для зменшення ризику отримання опіків обличчя під час гасіння пожеж та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Бронешоломи особового складу чергових караулів зберігаються поруч з бронезилетами. Під час заступання на чергування особовий склад має провести регулювання бронешоломів при одягнених термостійких підшоломниках. За правильність регулювання бронешолому відповідає особа, яка його використовує.

Для забезпечення комфортного та стабільного положення бронешолома під час руху необхідно відрегулювати його підвісну систему під розмір голови. Порядок перевірки надійності фіксації бронешолома:

- затягнути ремінець до підборіддя та переконатися, що він фіксується надійно – не занадто щільно, але й не вільно так, щоб шолом не ковзав при нахилі голови. Деякі бронешоломи мають додаткове регулювання розміру коліщатком розташованим на потиличній частині підвісної системи;

- підняти очі, не рухаючи голови – має бути видно тільки край шолома. Якщо видно його внутрішню сторону – шолом сидить занадто низько. Якщо край не видно взагалі – шолом сидить занадто високо;

- похитати головою, повернути праворуч та ліворуч – шолом має залишатися на місці та не ковзати на голові;

- подивитися в дзеркало і приблизно визначити відстань від краю шолома до брів. Вона має становити близько 1 см.

#### **Використання медичних аптечок:**

Індивідуальні медичні аптечки комплектуються лікарськими засобами, медичними виробами і кровозупинними турнікетами відповідно до норм, затверджених наказом ДСНС України від 14.12.2018 № 739, які укладаються у спеціальний аптечний підсумок.

Аптечні підсумки, як правило, кріпляться на бронезилет за допомогою системи Molle у горизонтальному чи вертикальному положенні. В окремих випадках підсумки можуть кріпитися за допомогою застібок «липучка».

Існують варіанти кріплення аптечних підсумків на поясному реміні, на передпліччі або на стегні рятувальника.

Місце кріплення аптечного підсумка визначає особа, яка буде користуватися індивідуальною медичною аптечкою. У всіх випадках аптечний підсумок кріпиться так, аби до індивідуальної аптечки можна було вільно дотягнутися як правою, так і лівою рукою.

Правила користування засобами, що входять до індивідуальних медичних аптечок, особовим складом вивчаються під час проходження курсу підготовки осіб, які не мають медичної освіти, але за своїми службовими обов'язками повинні надавати домедичну допомогу постраждалим, програму якого затверджено наказом МОЗ від 04.08.2021 № 1627.

Домедична допомога постраждалим під час ліквідації наслідків НС, пожеж чи небезпечних подій надається відповідно до Порядків надання домедичної допомоги особам при невідкладних станах, затверджених наказом МОЗ від 09.03.2022 № 441.

Під час організації заходів з реагування на НС, пожежі, небезпечні події керівники підпорядкованих підрозділів Головного управління здійснюють взаємодію з підрозділами Збройних Сил України, Національної поліції України, Національної гвардії України, Державної прикордонної служби України, штабами зон (районів) територіальної оборони та місцевими органами виконавчої влади у визначених зонах оперативного реагування територіальних органів ДСНС України щодо:

1.1 Підконтрольності населених пунктів і територій та оперативної обстановки в районах їх розташування.

1.2 Уточнення місць (районів) ведення артилерійських обстрілів, ракетних та авіаційних ударів, ударів безпілотних літальних апаратів, ударів реактивними системами залпового вогню, мінування територій та видів озброєння, що ймовірно можуть бути використані (артилерія, ракети, безпілотні літальні апарати, стрілецька зброя).

1.3 Можливості виконання завдань за призначенням підпорядкованими підрозділами Головного управління, враховуючи безпекову складову в населеному пункті або на території, характер НС, пожежі, небезпечної події, загрозу їх розповсюдження на об'єкти критичної інфраструктури та забезпечення життєдіяльності, можливі ризики для життя людей.

1.4 Уточнення безпечних маршрутів (основний і запасний) пересування підрозділів ДСНС України до місць виникнення НС, пожежі, небезпечної події.

1.5 Підпорядковані підрозділи які виконують завдання за призначенням у безпосередній близькості до лінії зіткнення, повинні відпрацювати з представниками військових формувань на місцях питання щодо інформаційного супроводу, вогневого прикриття та медичної евакуації у разі потреби.

Залежно від оперативної обстановки, пожежі, небезпечної події за рішенням чергової зміни ОКЦ особовий склад і техніка підпорядкованих підрозділів Головного управління, у районі виїзду якого сталася НС, пожежа, небезпечна подія, можуть перебувати в пункті постійної дислокації в готовності до виїзду (на період обстрілів перебувати в укритті) або вирушити до місця з урахуванням безпекової складової.

Для оцінки обстановки та прийняття першочергових заходів реагування після обстрілу першочергово до місця виникнення НС, пожежі, небезпечної події залежно від безпекової ситуації доцільно направити відділення на чолі із старшою посадовою особою (офіцером), яка перебуває в підрозділі.

Під час проведення розвідки додатково визначають:

- визначає безпечні місця для розстановки техніки;
- визначає сигнали і способи оповіщення особового складу про небезпеку;
- визначає наявність та місцерозташування можливих укриттів для особового складу на випадок обстрілу;
- визначає шляхи евакуації та місце збору сил і засобів у разі раптового погіршення оперативної обстановки, що може призвести до виникнення загрози життю та здоров'ю особового складу;
- встановлює наявність вибухонебезпечних предметів на місці проведення робіт, а у разі їх виявлення вживає додаткових заходів безпеки для особового складу, обмеження його доступу до замінованих територій та викликає піротехнічний підрозділ.

Після з'ясування ситуації на місці старша посадова особа від підпорядкованого підрозділу приймає рішення щодо рятування людей, гасіння пожежі, проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, необхідності направлення основних та додаткових сил і засобів.

Пересування підпорядкованих підрозділу Головного управління до місця виникнення НС, пожежі, небезпечної події здійснюється безпечним маршрутом. На випадок непередбачуваної зміни оперативної обстановки під час руху визначається запасний маршрут. Для безпечного пересування техніки, як правило, вибираються дороги з твердим покриттям.

Під час руху пожежно-рятувальних автомобілів до місця події скло на водійських дверях і дверях оперативного розрахунку має бути відкритим для візуального та слухового контролю за обстановкою.

Для мінімізації загрози для особового складу чергового караулу (зміни) до місця виклику доцільно спочатку виїзд відповідального по підрозділу, якщо він перебуває в підрозділі, або висилається одне відділення для попередньої оцінки обстановки на місці події та на шляху слідування до неї.

Якщо за наслідками обстрілу населеного пункту, де дислокується підрозділ, повідомлень про події не надходило, відповідальний по підрозділу після обстрілу або оголошенням сигналу про зняття небезпеки з повітря за погодженням з ОКЦ та повідомленням місцевого органу військової адміністрації спільно з правоохоронними органами може організувати проведення розвідки території, яка зазнала обстрілу, для виявлення можливих осередків пожеж і постраждалого населення.

Після проведення розвідки приймається рішення про залучення основних та додаткових сил для виконання завдань за призначенням на місці події.

У разі одночасного виїзду декількох автомобілів повинна дотримуватися безпечна дистанція між ними: приблизно 100–150 метрів.

Під час пересування, як правило, вибираються дороги з твердим покриттям, мінімізується кількість зупинок техніки та переміщення особового складу.

Пересування техніки ґрунтовими та лісовими дорогами здійснюється, за необхідності, в супроводі піротехнічних розрахунків ДСНС України, підрозділів вибухотехнічної служби Національної поліції України або інженерно-саперних підрозділів Збройних Сил України з урахуванням небезпеки, пов'язаної з мінами та іншими ВВП.

Гасіння пожеж в природних екосистемах в районах ведення бойових дій, здійснюється відповідно до Методичних рекомендацій щодо організації гасіння пожеж в природних екосистемах в районах ведення бойових дій, доведених окремим дорученням ДСНС України від 22.03.2022 № 022-01-од ппу.

З моменту виїзду до моменту повернення в пункти постійної дислокації старша посадова особа підтримує зв'язок з ОКЦ, пунктом зв'язку підрозділу (далі – ПЗЧ) та проводить оцінку обстановки на маршруті пересування.

Після прибуття підрозділу до місця НС, пожежі, небезпечної події призначається особи, які здійснюють моніторинг повітряного простору щодо загрози застосування засобів повітряного нападу та оповіщення особового складу про небезпеку.

На відстані 500 метрів від місця НС, пожежі, небезпечної події виставляються постові-наглядачі для спостереження/моніторингу повітряного простору за засобами повітряного нападу та безпілотними літальними апаратами (далі - БПЛА).

За можливості постових-наглядачів забезпечити активними навушниками «SordinSupremPro-x» для виявлення необхідного напрямлення джерела звуку, що необхідно чути з більшої відстані.

Постові-наглядачі, які здійснюють моніторинг повітряного простору щодо загрози застосування засобів повітряного нападу, підтримують зв'язок з КГП.

Для оповіщення особового складу про небезпеку та екстреного відходу із місць ліквідації НС, пожежі, небезпечної події встановлюється сигнал «Увага, небезпека. Усі в укриття», який може оголошуватися через гучномовні пристрої пожежно-рятувальних (аварійно-рятувальних) автомобілів і по радіостанції.

При спостереженні за повітряним простором щодо загрози застосування засобів повітряного нападу постові-наглядачі, почувши про загрозу атаки засобів повітряного нападу (БПЛА), негайно інформують для відведення особового складу в безпечне місце усіма можливими засобами сповіщення (радіозв'язок, гучномовний пристрій тощо) підпорядковані підрозділи на місці ліквідації НС, пожежі, небезпечної події: «Увага, небезпека. Усі в укриття».

При отриманні сигналу «Увага, небезпека. Усі в укриття» особовий склад підпорядкованих підрозділів повинен негайно припинити всі види робіт на місці події та направитись в найближче укриття (захисні споруди, найпростіші укриття, підвальні приміщення, заглиблені споруди, рельєф місцевості тощо).

За відсутності зв'язку на місці ліквідації НС, пожежі, небезпечної події старша посадова особа підпорядкованого підрозділу чи мобільної оперативної групи з урахуванням оперативної обстановки вживає заходи для організації зв'язку з ОКЦ (ПЗЧ), у тому числі через представників підрозділів Збройних Сил України, Національної поліції України, Національної гвардії України, Державної прикордонної служби України, та шляхом виходу визначеної особи підрозділу ДСНС України поза зону відсутності зв'язку.

Старша посадова особа під час виконання завдань за призначенням, потрапляючи під обстріл, вживає заходів щодо негайного виїзду підрозділу із зони обстрілу в безпечне місце (на відкритій території – не ближче 500 м від зони обстрілу) Якщо виїзд неможливий, організовує укриття особового складу і техніки на місцевості.

Про обстановку, що склалася, старша посадова особа негайно доповідає до ОКЦ та діє з урахуванням інформації від ОКЦ про загрозу застосування засобів повітряного нападу.

### **Особливості організації служби в підпорядкованих підрозділах в умовах військової агресії**

До складу чергових караулів (змін) пожежно-рятувальних підрозділів Головного управління ДСНС України у Харківській області, що дислокуються на прифронтових територіях, доцільно включити не менше двох оперативних розрахунків (відділень) на основній пожежно-рятувальній техніці.

Кількість і тип спеціальної пожежно-рятувальної техніки у складі чергових караулів (змін) визначається з урахуванням обстановки та особливостей оперативно-тактичної характеристики району виїзду (зони відповідальності) підрозділу.

На випадок виникнення НС, пожеж чи небезпечних подій на великій території, спричинених обстрілами, має бути встановлено порядок застосування резервного пожежно-рятувального автомобіля підрозділу шляхом формування додаткового оперативного розрахунку шляхом перерозподілу особового складу чергового караулу (зміни).

У пожежно-рятувальному підрозділі організовується чергування на ПЗЧ, яке облаштовується в найбільш безпечному та захищеному приміщенні.

Внутрішній наряд складається з чергового по караулу, який призначається з особового складу караулу. Черговий по караулу несе службу в приміщеннях пожежно-рятувального підрозділу та виконує функції підмінного радіотелефоніста. Крім штатних обов'язків, він забезпечує контроль за роботою електрогенераторів, зарядних станцій та приладів опалення підрозділу в холодну пору року. Графік чергування встановлюється відповідальним по підрозділу залежно від оперативної обстановки.

Караульне приміщення для розміщення особового складу чергового караулу (зміни) слід облаштувати у захисній споруді підрозділу та обладнати мінімально необхідними системами життєзабезпечення.

Гарантування безпеки особового складу у пунктах постійної дислокації організовується за вимогами вказівки Головного управління від 04.07.2023 № ОД-708.

Режим чергування в пожежно-рятувальних підрозділах встановлюється начальником Головного управління, виходячи з оперативної обстановки в місцях дислокації підрозділів.

З метою забезпечення ефективного реагування на НС, пожежі та інші небезпечні події оперативні розрахунки чергових караулів (змін) доцільно укомплектувати особовим складом до табельної чисельності, наведеної в додатку 4 до Статуту дій під час гасіння пожеж.

Комплектування особовим складом оперативних розрахунків караулів (змін) понад штатний розпис можливо здійснити шляхом відрядження особового складу, який вийшов з підрозділів, що розташовані на тимчасово окупованій території, та особового складу інших підрозділів гарнізону.

Для організації вирішення оперативно-службових завдань та взаємодії з військовою адміністрацією, військовими та правоохоронними органами на місцях до кожної чергової зміни підрозділів доцільно ввести відповідального по підрозділу.

Відповідальним по підрозділу можна призначати керівний склад пожежно-рятувальних підрозділів, посадових осіб державних пожежно-рятувальних загонів та районних управлінь, враховуючи їхній рівень підготовки з питань реагування, організації служби та особисті якості.

Під час проведення зміни чергових караулів (змін) відповідальний по підрозділу має перевірити наявність в особового складу бронежилетів, бронешоломів, індивідуальних медичних аптечок з кровозупинними турнікетами, комплектацію пожежно-рятувальної (аварійно-рятувальної) техніки медичними укладками та медичними ношами.

Доцільно, щоб психологічна служба територіального органу ДСНС України періодично проводила тестування та бесіди з особовим складом, який залучається до несення служби в підрозділах, що дислокуються на прифронтових територіях.

Щоденно з 8<sup>00</sup> до 8<sup>30</sup> під час відпрацювання додаткових нормативів, обов'язково проводити відпрацювання Нормативів виконання навчальних вправ з домедичної підготовки.

### **Вимоги до комплектування технікою підпорядкованих підрозділів, дислокованих на прифронтових територіях**

Пожежно-рятувальні підрозділи на прифронтових територіях комплектуються пожежними автоцистернами важкого типу з великим запасом води, враховуючи, що джерела зовнішнього протипожежного водопостачання (пожежні гідранти) у більшості випадків вийшли з ладу.

До складу чергових караулів (зміни) пожежно-рятувальних підрозділів включаються дві автоцистерни, за необхідності, враховуючи оперативну-тактичну характеристику району виїзду та інша спеціальна техніка (автодрабина, колінчастий автопідіймач).

Підрозділ доцільно укомплектувати спеціалізованим легковим автомобілем підвищеної прохідності з метою забезпечення виїзду відповідальної особи для проведення розвідки території після обстрілів, ідентифікації ВВП та вирішення інших невідкладних оперативно-службових завдань.

Для комплектування підрозділів пожежно-рятувальною технікою віддається перевага транспортним засобам, обладнаним дизельними двигунами.

Для зменшення ризику пошкодження пожежно-рятувальної техніки в підрозділі слід утримувати не більше 50% резервної техніки. Решту резерву основної та спеціальної техніки потрібно передислокувати до найближчих підрозділів, що розташовані в безпечних місцях, та утримувати в готовності до застосування.

Комплектування техніки пожежно-технічним та аварійно-рятувальним оснащенням і засобами має здійснюватися з урахуванням оперативних завдань, що можуть виконуватися на відповідній території.

У підрозділах слід утримувати резерв запасних коліс, крім тих, якими укомплектована техніка.

Пожежно-рятувальна техніка має бути постійно заправлена пально-мастильними матеріалами та вогнегасними речовинами.

Пожежно-рятувальна, аварійно-рятувальна та спеціальна техніка на бортах і на даху повинна мати маркування міжнародними знаками цивільного захисту.

Техніка в гаражі пожежного депо паркується задньою частиною до виїзних воріт, що зменшить можливі пошкодження систем двигуна у разі обстрілу підрозділу.

### **Організація зв'язку підпорядкованих підрозділів Головного управління при реагуванні на НС, пожежі, небезпечні події, проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт**

Підпорядковані підрозділи Головного управління забезпечуються засобами радіо- та інтернет-зв'язку, в тому числі через стаціонарну мережу Інтернет і супутникову систему «Старлінк», а за наявності стільникового покриття – засобами стільникового зв'язку.

Засоби зв'язку, встановлені на робочому місці диспетчера (радіотелефоніста), повинні дублюватися на робочому місці в захисній споруді.

Усі засоби зв'язку повинні забезпечуватися аварійним живленням від стаціонарних або мобільних електрогенераторів та зарядних станцій.

Радіозв'язок для взаємодії з підрозділами сфери безпеки та оборони організовується через органи місцевої військової адміністрації у визначених ними діапазонах радіочастот і позивними. Радіостанція для підтримання зв'язку має бути розміщена на ПЗЧ.

Робоче місце чергового диспетчера (радіотелефоніста), за можливості, повинно організовуватися у захисній споруді. Якщо організація робочого місця в захисній споруді неможлива, робоче місце організовується в приміщенні, що відповідає правилу «двох стін» та розташована на мінімальній відстані від захисної споруди. Якщо і це неможливо, то в приміщенні з мінімальною кількістю вікон або на максимальній відстані від них.

Підрозділ доцільно обладнати камерами відеоспостереження з виведенням інформації на ПЗЧ для безпечного контролю за територією підрозділу і навколо нього, особливо у темний період доби.

Враховуючи, що на прифронтових територіях часто застосовуються системи радіоелектронної боротьби (далі – РЕБ) для підтримання радіозв'язку черговим караулом (змінною), який виїхав для виконання завдань за призначенням з ПЗЧ, пожежно-рятувальну техніку доцільно забезпечувати мобільним комплектом супутникової системи «Старлінк», а за можливості для захисту від FPV-дронів – портативною системою РЕБ.

В органах управління та підпорядкованих підрозділах Головного управління у Харківській області встановлений єдиний порядок подачі сигналу оповіщення про небезпеку обстрілу та доведення його до особового складу чергового караулу (зміни), що перебуває на виїзді: «Увага, небезпека. Усі в укриття».

Особовий склад доцільно забезпечити переносними радіостанціями для забезпечення оперативного оповіщення про загрозу обстрілу під час гасіння пожежі, ліквідації наслідків НС чи небезпечної події. Обов'язкове використання переносних радіостанцій водійським складом та командирами відділень.

Інформування підрозділів про небезпеку з повітря повинно бути організовано декількома каналами з ОКЦ та з місцевої військової адміністрації чи військової комендатури.

#### **Забезпечення водою підпорядкованих підрозділів Головного управління на прифронтових територіях та в режимі «БЛЕКАУТ»**

Через порушення електропостачання та пошкодження вуличних мереж і споруд водопостачання в населених пунктах на прифронтових територіях відсутнє централізоване водопостачання, у тому числі зовнішнє протипожежне водопостачання.

Для заправки пожежно-рятувальних автомобілів водою слід використовувати природні вододжерела, до яких необхідно визначити шляхи під'їзду, місця забору води та провести попереднє обстеження піротехнічними розрахунками.

Крім того, для забору води можливо використовувати найближче розташовані до підрозділу артезіанські свердловини з водонапірними вежами, електроживлення яких забезпечується електрогенераторами.

На кожному пожежно-рятувальному автомобілі повинен бути перелік альтернативних місць забору води.

Одним із варіантів вирішення питання щодо забезпечення водою пожежно-рятувальних підрозділів є облаштування артезіанських свердловин на території підрозділів та встановлення ємностей для накопичення резервного запасу води.

#### **Дії підпорядкованих підрозділів Головного управління під час виконання завдань за призначенням**

При отриманні повідомлення про НС, пожежу чи іншу небезпечну подію виїзд чергового караулу (зміни) здійснюється після уточнення інформації про загрозу обстрілів на місці виклику.

У період дії сигналу про небезпеку з повітря враховується інформація, яка стала причиною її оголошення, та чи має вона безпосереднє відношення до подій на місці виклику, де будуть проводитися заходи з ліквідації НС, пожежі чи небезпечної події.

Враховуючи результати уточненої інформації про обстановку на місці виклику, старша посадова особа (офіцер), яка перебуває в підрозділі, приймає рішення про направлення сил і засобів до місця виникнення НС, пожежі чи небезпечної події.

У такому ж порядку відпрацьовується інформація у разі оголошення сигналу про небезпеку з повітря під час перебування підрозділу на місці події та приймається рішення щодо продовження робіт або відведення та укриття особового складу в безпечних місцях.

У разі виїзду декількох автомобілів повинна дотримуватися безпечна дистанція між ними приблизно 100–150 метрів.

По прибуттю до місця виклику старша посадова особа підрозділу (офіцер) повинна оцінити ситуацію на місці події, загрозу обстрілів та діяти відповідно до обстановки з урахуванням цих рекомендацій та вимог нормативних актів, що регламентують оперативні дії в НС і під час гасіння пожеж.

При виявленні на місці проведення робіт ВВП необхідно організувати їх огороження та за погодженням з ОКЦ залучити піротехнічні розрахунки.

**При організації оперативних дій під час гасіння пожежі КГП під час організації аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт старша посадова особа аварійно-рятувального підрозділу повинна:**

- визначити місця для укриття особового складу (захисні споруди, найпростіші укриття, підвальні приміщення, заглиблені споруди, рельєф місцевості тощо) на випадок обстрілу або оголошення сигналу про небезпеку з повітря.

- уточнити особовому складу порядок доведення сигналу оповіщення «Увага, небезпека. Усі в укриття» засобами радіозв'язку, через гучномовні пристрої пожежно-рятувальних (аварійно-рятувальних) автомобілів та іншими способами, враховуючи ситуацію на місці події.

- вимкнути світло фар та пробліскові маячки.

- максимально розосередити пожежно-рятувальну техніку на місці ліквідації НС, пожежі, небезпечної події, розташовувати з дотриманням дистанції (50-100 метрів) так, щоб при можливих обстрілах вона була прикрита від вражаючих факторів будівлями та спорудами і не допускалося її скупчення.

- особовий склад і техніку, які вивільняються в ході проведення робіт, негайно відправляти до місць постійної дислокації, а якщо очікується їх застосування, до найближчих визначених місць укриття.

- виставити постових-наглядачів із засобами зв'язку (радіостанціями) в двох/трьох напрямках від місця проведення робіт на відстані 500 метрів для спостереження/моніторингу повітряного простору за БпЛА.

- враховуючи наближеність до лінії фронту, під час проведення робіт у темний період доби за можливості слід мінімізувати використання потужних приладів освітлення, застосовувати групові та індивідуальні ліхтарі.

За можливості доцільно провести роботи з нанесення плівки (заміні діодів, ламп) червоного кольору на освітлювальні прилади (мачти).

Особовому складу, який безпосередньо бере участь у гасінні пожежі (впритул до вогню), розборі завалів (при роботі аварійного інструменту) дозволяється використовувати каски пожежні. Не залученому до цих робіт особовому складу використовувати військові шоломи.

При цьому особовий склад на ліквідації НС, пожежі тощо працює позмінно, не задіяний особовий склад перебуває в укритті.

Особовий склад, який працює поблизу пожежного автомобіля (робота з водієм, на розгалуженнях і захисті рукавних ліній, частіше це пожежний № 3, 4), повинен мати при собі рюкзаки-медукладки.

У разі оголошення сигналу «Повітряна тривога» КГП негайно інформує усіма можливими засобами сповіщення (радіозв'язок, гучномовним пристроєм) особовий склад на місці проведення робіт щодо загрози застосування засобів повітряного нападу «Увага, небезпека. Усі в укриття» для відведення особового складу в безпечне місце.

При встановленні автоцистерни на пожежний гідрант, урахувати можливість її встановлення на другий найближчий пожежний гідрант від місця пожежі.

При роботі спеціальної пожежно-рятувальної техніки на місці ліквідації НС, пожежі, небезпечної події, після її встановлення водійський склад повинен відійти в безпечне місце (укриття), перебувати із засобами радіозв'язку та очікувати команди від КГП (начальника тилу на пожежі) про подальші дії.

Мінімізувати кількість особового (керівного) складу на місці проведення робіт (начальник караулу, відповідальний по підрозділу, відповідальний по ГУ), не допускати сукупчення особового складу на одній робочій ділянці.

За сигналом «Увага, небезпека. Усі в укриття» весь особовий склад НЕГАЙНО залишає позиції, відводить рукавні лінії від осередку пожежі, переміщується в укриття (захисні споруди, найпростіше укриття, підвальні приміщення, заглиблені споруди, рельєф місцевості тощо).

Водії негайно (за можливістю вимикають двигуни) знижують тиск води в робочих лініях переходять в укриття.

Під час ліквідації НС, пожежі чи іншої небезпечної події, що триває понад 12 годин у теплу пору року та більше 6 годин у холодну пору року, слід проводити ротацію особового складу, задіяного до виконання робіт.

У разі проведення масштабних аварійно-рятувальних робіт, коли необхідна велика кількість особового складу, КГП у взаємодії з місцевим органом військової адміністрації, військовою комендатурою, військовими та правоохоронними органами вживають заходів для залучення до робіт особового складу Збройних Сил та інших підрозділів.

За можливості зменшити час перебування особового складу на місці НС (у випадках, коли немає відкритих джерел горіння та загрози поширення пожежі, продовжувати роботи після відбою повітряної тривоги). Направляти особовий склад, не задіяний у ліквідації наслідків обстрілу, по місцям дислокації підрозділів.

### **3.2. Особливості організації внутрішньої, гарнізонної та караульної служб у Донецькому гарнізоні**

На сьогодні Донецька область є однією з найгарячіших точок збройної агресії. Так, з початку повномасштабного вторгнення тільки на території Донецької області внаслідок вогневого ураження противника сталося 3871 пожеж та 391 надзвичайна подія, на яких проводились аварійно-рятувальні та пошукові роботи. За оперативною інформацією, яка надходила до оперативно-координаційного центру Головного управління, внаслідок обстрілів загинуло 8224 особи, (з них 22 діти), 27946 осіб (з них 96 дітей) отримали поранення. Рятувальниками після обстрілів було врятовано 1106 осіб (з них 13 дітей), 167 осіб (з них 2 дітей) було врятовано з-під завалів.

Всього внаслідок ведення бойових дій (з 24.02.2022) за наявною інформацією пошкоджено понад 15034 житлових будинки та понад 1275 об'єктів інфраструктури, зокрема це об'єкти транспортної інфраструктури, життєзабезпечення населення, лікувальні заклади, заклади освіти тощо.

На жаль, з початку повномасштабного вторгнення тільки у Донецькому гарнізоні загинуло 18 та отримали поранення 62 співробітники, 1 співробітник безвісти зниклий.

На сьогоднішній день у зв'язку із активними бойовими діями на території Донецької області постає питання щодо деяких особливостей організації служби в умовах воєнного стану.

У зв'язку неодноразовими випадками вогневого ураження пожежно-рятувальних підрозділів Головного управління зі сторони країни-агресора під час організації внутрішньої служби в підрозділах Головного управління обов'язковою складовою є використання під час несення служби постовим біля фасаду засобами броне захисту відповідного класу – це бронезилет із класом захисту 6 або IV рівнем захисту, бронешолом із класом захисту 1А або III-А рівнем захисту та індивідуальною медичною аптечкою.

Для захисту транспортних засобів від можливого вогневого ураження та можливості в подальшому виконання завдань за призначенням автомобілі розміщуються зворотною стороною по ходу виїзду.

Обов'язково передбачається резерв запасних колісних шин та пально-мастильних матеріалів.

Забороняється перебування особового складу підпорядкованих підрозділів Головного управління під час повітряної тривоги (ракетної небезпеки) поза межами будівлі (приміщення укриття) без службової необхідності. У разі виконання службових обов'язків поза межами будівлі в обов'язковому порядку використовуються, як вже було сказано, засоби індивідуального бронезахисту з медичними аптечками. Забороняється проведення необґрунтованого зосередження підпорядкованого особового складу, зокрема для проведення нарад (шикувань, зборів). У разі необхідності здійснюється їх проведення у спеціально відведених місцях (сховищах). В кожному підрозділі Донецького гарнізону облаштовані захисні споруди для укриття особового складу, в яких обладнано робочі місця для оперативно-диспетчерської служби, для організації робочого процесу встановлюються радіостанції, телефони, супутникові телефони, модеми (Starlink) або інші засоби для зв'язку з керівництвом та іншими підрозділами, а також комп'ютер для роботи диспетчера.

Також, для повноцінного функціонування та оперативної готовності підрозділу до дій за призначенням найпростіше укриття повинно бути оснащено наступним:

Медичні засоби: набір для надання першої домедичної допомоги, включаючи аптечку з медикаментами та матеріалами для медичних процедур.

Освітлення та електропостачання: ліхтарі, свічки, батарейки або портативні генератори для освітлення та забезпечення електропостачання.

Життєзабезпечення особового складу: запаси їжі та питної води на випадок довготривалої надзвичайної ситуації, обладнані місця для відпочинку особового складу.

В підрозділах Головного управління постійно проводяться додаткові заняття з підлеглим особовим складом щодо правил поведінки під час артилерійських та стрілецьких обстрілів, порядку дій при отриманні сигналу «РАКЕТНА НЕБЕЗПЕКА» («ПОВІТРЯНА ТРИВОГА»), зокрема щодо зайняття ними визначених захисних споруд, укриттів та безпечних місць, залишення їх дозволяється тільки при отриманні сигналу «ВІДБІЙ» або за командою керівника.

Вживаються заходи щодо розосередження техніки, її маскування з урахуванням забезпечення оперативного реагування у зонах відповідальності та районах виїзду.

**Особливості гасіння пожеж та проведення аварійно-рятувальних, пошукових та інших невідкладних робіт рятувальниками в населених пунктах і на територіях, що потрапляють у зону постійних обстрілів на території Донецької області**

Масштабність і складність оперативної обстановки в осередках ураження визначають характер організації проведення аварійно-рятувальних робіт та гасіння пожеж, які виникають внаслідок застосування противником засобів ураження. Пожежогасіння та аварійно-рятувальні роботи в умовах воєнного стану мають свої особливості порівняно з мирним часом. Це стосується загрози повторних обстрілів або безпосереднього ураження пожежно-рятувальних підрозділів, значних руйнувань та масштабних пожеж, великої кількості постраждалих та загиблих, знаходження на місці події вибухонебезпечних предметів та інших.

Отримавши інформацію про виникнення надзвичайної ситуації, пожежі, небезпечної події у зоні збройного конфлікту, керівник пожежно-рятувального підрозділу уточнює оперативну обстановку у відповідних підрозділах Збройних сил України, територіальної оборони, правоохоронних органів щодо небезпеки повітряних атак, артобстрілів або ведення бойових дій на місці виникнення надзвичайної ситуації та ухвалює рішення щодо залучення підпорядкованих сил і засобів до місця виклику.

У разі наявної загрози для життя і здоров'я особового складу направлення сил та засобів до місця виклику здійснюється після припинення в зазначеному районі обстрілів та погодження з уповноваженими представниками військових формувань. Залежно від віддаленості місця проведення робіт (за рішенням керівника підрозділу) особовий склад і техніка можуть перебувати в готовності до виїзду в пункті постійної дислокації або здійснити пересування до найближчих безпечних районів. Виїзд сил та засобів підпорядкованих підрозділів Головного управління на ліквідацію наслідків обстрілів здійснюється з певною затримкою 30-40 хвилин, оскільки ворог часто завдає повторних ракетних та артилерійських ударів.

Затримка виїзду сил та засобів на ліквідацію наслідків обстрілів здійснюється тільки тоді, коли немає оперативної інформації щодо наявності постраждалих людей, або людей, які знаходяться під завалами та потребують невідкладної допомоги. При наявності такої інформації сили та засоби спрямовуються негайно.

Після припинення обстрілів та погодження з уповноваженими керівниками підрозділів Збройних сил України, територіальної оборони чи правоохоронних органів, першочергово до місця виклику направляється одне відділення оперативного розрахунку для оцінки обстановки та, після отримання інформації, ухвалюється рішення стосовно направлення основних сил і засобів. Нарощування залучення додаткових підрозділів здійснюється поступово з розрахунку мінімально необхідної кількості особового складу і техніки, необхідних для ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, а також з урахуванням оперативної обстановки.

Слідування пожежно-рятувального підрозділу до місця проведення робіт здійснюється безпечним маршрутом. На випадок непередбаченої зміни оперативної обстановки під час руху визначається запасний маршрут.

З моменту виїзду та до повернення в пункт постійної дислокації старший колони (машини) підтримує зв'язок з пунктом зв'язку підрозділу та проводить оцінку ситуації на маршруті слідування. Техніка має рухатися на максимальній, але безпечній швидкості та з дотриманням збільшеної до 100 м дистанції між машинами.

Для організації управління та координації оперативних дій усіх залучених підрозділів і служб під час гасіння пожежі або ліквідації надзвичайної ситуації утворюється Штаб з ліквідації надзвичайної ситуації.

Розташування штабу під час ліквідації наслідків обстрілів здійснюється із урахуванням безпекової складової – не ближче ніж 500 м до місця події, а за можливості робота штабу організовується в укритті. До роботи у штабі для координації заходів, пов'язаних із забезпеченням безпеки учасників ліквідації, можуть залучатися представники підрозділів Збройних сил України, територіальної оборони та правоохоронних органів.

Одним із ключових факторів взаємодії є робота з адміністраціями об'єктів, військовими адміністраціями, місцевими органами влади та медичними закладами щодо отримання актуальної інформації, що належать до їх компетенції (кількість людей які отримали поранення, наявність людей на момент виникнення надзвичайної ситуації тощо), а також залучення комунальних служб, інженерної техніки та фахівців необхідних для ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

Майже кожна надзвичайна подія, що стається у результаті вогневого ураження з боку противника, супроводжується людськими жертвами та значною руйнацією будівель і споруд. У зв'язку з цим основним напрямком роботи рятувальників є розбір завалів та пошук постраждалих.

При обваленні будівель і споруд, наявності постраждалих АРР повинні починатися негайно і вестися безупинно, удень і вночі, у будь-яку погоду для забезпечення порятунку постраждалих.

Але в умовах воєнного стану, особливо в зонах активних бойових дій, АРР проводиться з урахуванням оперативної обстановки, загрози артилерійських, ракетних та авіаційних обстрілів з метою збереження життя і здоров'я особового складу.

Ефективність ведення АРР досягається: створенням угруповання сил, що відповідає обстановці, що склалася; стійким і твердим управлінням діями рятувальників; зосередженням основних зусиль у місцях найбільшого скупчення постраждалих і там, де постраждалим загрожує найбільша небезпека; повним і своєчасним забезпеченням дій рятувальників необхідними матеріально-технічними засобами; організацією режиму робіт у відповідності зі складністю обстановки.

Якщо пожежно-рятувальний підрозділ під час виконання завдань за призначенням потрапив під обстріл, старша посадова особа цього підрозділу вживає заходів щодо негайного відведення особового складу і техніки у безпечне місце, а у разі неможливості – організовує укриття особового складу і техніки на місцевості.

У разі прийняття рішення про припинення гасіння пожежі або ліквідації надзвичайної ситуації та відведення сил і засобів через загрозу обстрілу, керівник гасіння пожежі інформує про прийняте рішення представників об'єкта, підрозділів силового блоку. Після зняття загрози, керівник гасіння пожежі повторно залучає необхідну кількість сил та засобів для продовження виконання завдань за призначенням.

Основними завданнями щодо організації АРР при руйнуванні будівель і споруд є:

1. Оточення силами патрульної поліції району НС, встановлення постів на дорогах.
2. Оточення силами правоохоронних органів зони НС та об'єкта проведення АРР.
3. Організація штабу керівництва.
4. Організація пункту надання медичної допомоги легко постраждалим.
5. Організація пункту надання медичної допомоги важко постраждалим.
6. Підготовка майданчика ідентифікації постраждалих (загиблих).
7. Організація медпункту сортування постраждалих.
8. Визначення шляху для наскрізного руху автомобілів «Швидкої допомоги».
9. Визначення шляху для наскрізного руху автомобілів протипожежної служби і будівельної техніки для вивозу будівельного сміття.
10. Організація пунктів координації в'їзду та виїзду.
11. Організація пункту відпочинку рятувальників.
12. Організація пункту обігріву рятувальників.
13. Організація пункту харчування рятувальників.
14. Розміщення резерву сил.
15. Організація пункту знайдених документів і цінностей.
16. Розміщення резерву техніки.
17. Визначення майданчика для заправлення техніки ПММ.
18. Розміщення сил та засобів необхідних аварійних служб.
19. Визначення ділянок робіт.
20. Аварійне відключення електроенергії, газу, води.
21. Встановлення загального і локального освітлення ділянок, об'єкта, території, що прилягає.
22. Ліквідація осередків загоряння.
23. Санітарна обробка ділянок робіт і прилягаючої території.

У ході проведення розвідки встановлюються:

- райони пожеж і їх характер, визначаються основні напрямки вводу сил та засобів для проведення рятувальних робіт та гасіння пожеж, напрямок і швидкість поширення вогню, зони загазованості і наявність загрози населенню;
- межі району локалізації та гасіння пожеж; місцезнаходження потерпілих; наявність ділянок сильного задимлення, характер руйнування резервуарів (сховищ) і трубопроводів;
- місця можливого розливу нафтопродуктів і сильнодіючих отруйних речовин; наявність водоймищ, справних джерел водопостачання, запасів спеціальних вогнегасних речовин та стан під'їзних шляхів.

На основі даних розвідки проводиться оцінка обстановки та визначаються: заходи з організації рятування людей, порядку надання допомоги постраждалим та залучення для цього необхідних засобів; основні тактичні прийоми з ліквідації надзвичайної ситуації; рубежі локалізації і гасіння пожеж; напрями і шляхи відходу особового складу у разі загрози вибуху або викиду нафтопродуктів; організація зовнішнього протипожежного водопостачання; засоби захисту особового складу від небезпечних факторів

В залежності від ступеня пошкодження будівель, утворюються завали, які являють собою купу уламків будівельних конструкцій, обладнання, меблів та інженерних комунікацій.

В залежності від ступеня пошкодження будівель, утворюються завали, які являють собою купу уламків будівельних конструкцій, обладнання, меблів та інженерних комунікацій. Зовнішня форма та ознаки дозволяють класифікувати їх. Класифікація завалів дає можливість

заздалегідь розробити стандартний план основних дій рятувальників. В залежності від елементів пошкоджень, завали можна класифікувати таким чином.

Завали приміщень – приміщення в цілому лишаються не ушкодженими, але підходи до них зруйновано. Такий тип завалів може зустрічатися на кожному поверсі пошкодженої будівлі. В цих приміщеннях можуть знаходитися люди, які потребують допомоги.

Основні дії рятувальників:

- швидко подати свіже повітря в приміщення;
- пошкоджені інженерні комунікації, що ведуть в приміщення, прибрати або перекрити;
- встановити контакт з потерпілими;
- звільнити зруйновані проходи;
- спланувати та провести, за необхідності, проломи стін або стелі;
- забезпечити завалених людей перев'язочними матеріалами, медикаментами, світлом та продовольством.

Під час виконання робіт, пов'язаних з ліквідацією аварії внаслідок вибуху, проводяться заходи для захисту особового складу і техніки від ураження вибуховою хвилею, осколками і уламками конструкцій, що розлітаються, теплового впливу та ураження органів дихання продуктами горіння.

Одночасно здійснюються заходи щодо рятування людей з палаючих, зруйнованих будинків і зон задимлення, надання їм медичної допомоги і евакуації в лікарні та спеціалізовані лікувальні заклади охорони здоров'я.

Аварійно-рятувальні, механізовані та інженерні підрозділи пророблюють проїзди і проходи, здійснюють обвалування або відведення горючих (отруйних) рідин, що розлилися, у безпечні місця, відключають пошкоджені ємності, апарати, механізми і трубопроводи.

Першу невідкладну медичну допомогу на місці ураження надають рятувальники та медичні працівники, які входять до складу аварійно-рятувальних підрозділів, та/або самі постраждали в порядку само- та взаємодопомоги.

Після надання першої невідкладної медичної допомоги на місці ураження постраждалого транспортують до пункту надання медичної допомоги.

Також одним з ключових питань є навички роботи та правильне застосування і використання аварійно-рятувального обладнання та засобів механізації (бензорізи, бетоноломи, гідравлічні ножиці, розтискачі, перфоратори, плазморізи), а також вміння оцінювати тяжкість травм та кваліфіковане надання першої домедичної допомоги постраждалим. В Донецькому гарнізоні рятувальники постійно вдосконалюють свої навички роботи з аварійно-рятувальним інструментом та засобами механізації, надання першої домедичної допомоги, в тому числі за участю міжнародних організацій.

Найважливішим завданням є пошук і деблокування постраждалих із зруйнованих будівель. Роботи за технологічним принципом розділяються на три основні види:

- деблокування постраждалих, які знаходяться під уламками будівельних конструкцій;
- деблокування постраждалих із замкнених приміщень;
- рятування людей з верхніх поверхів зруйнованих будівель.

Виконання робіт з деблокування постраждалих здійснюється такими способами:

- послідовне розбирання завалів;
- влаштування лазів;
- вироблення галереї в ґрунті під завалом;
- пробивання отворів у стінах та перекриттях.

Цей процес представляє собою взаємопов'язаний комплекс робіт, які за характером виконання діляться на три специфічні групи: рятувальні, спеціальні і допоміжні.

Рятувальні роботи, що безпосередньо пов'язані із рятуванням людей включають у себе:

- пошук постраждалих у місцях їхнього можливого блокування;
- деблокування постраждалих (забезпечення доступу до них);
- надання постраждалим домедичної допомоги;
- евакуація постраждалих із місць блокування.

Спеціальні роботи включають:

- гасіння пожеж;
- ліквідацію аварії на комунально-енергетичних і технологічних мережах;
- улаштування проїздів (проходів) у завалах;
- зміцнення (обвалення) нестійких конструкцій.

У результаті виконання спеціальних робіт створюються умови найбільш сприятливі для виконання рятувальних робіт і запобігання додаткового ураження людей.

Допоміжні роботи пов'язані з інженерною та організаційною підготовкою ділянки рятувальних робіт та робочих місць. До них відносяться:

- розчищення майданчиків;
- установлення на них техніки;
- огороження, попереджувальних знаків;
- освітлення робочих місць тощо.

Методи розшуку постраждалих. Для розшуку постраждалих на цьому етапі використовують різні методи, зокрема:

- візуальний;
- тепловий;
- кінологічний;
- акустичний.

Візуальний, який полягає в огляді в місць де можуть знаходитися постраждалі. Огляд проводиться як із застосуванням спеціальних приладів (відеокамер та моніторів), так і без них.

Розшук постраждалих за допомогою собак. Для визначення місць знаходження постраждалих під уламками найбільш ефективно використовувати спеціально натренованих собак, які реагують на живих людей. Для проведення пошуку таким методом рятувальники покидають зону завалу, кінолог з собакою обстежує завали. При знаходженні постраждалого собака подає кінологу знак частіш за все голосом. Після чого кінолог декілька разів підходить до позначеного собакою місця з різних боків, якщо собака продовжує вказувати на одне й теж місце кінолог помічає його спеціальною позначкою як правило прапорцем. Для забезпечення найбільш високого результату необхідно залучати декілька кінологічних розрахунків, які працюють по черзі. Після того як кінологи обстежили ділянку завалу на неї заходять рятувальники і починають проводити роботи по проникненню в завали в означених місцях.

Тепловий, який полягає у визначенні місця знаходження постраждалого за допомогою тепла його тіла. Для цього метода використовуються тепловізори.

Акустичний, цей метод полягає в прослуховуванні завалів здійснювати розшук постраждалих цим методом можна як із застосуванням спеціальних приладів, геофонів так і без них. Геофони реагують на звук голосу, стук, серцебиття.

Порядок роботи з геофоном наступний: рятувальник який веде пошук приєднує датчики через розгалуження до пульту управління; розташовує датчики в тих місцях де можливе знаходження постраждалих; надягає навушники; переводячи ручку перемикача від одного номеру датчика до іншого спостерігає за показниками індикаторів, номери яких відповідають номерам датчиків. За показаннями індикаторів оператор визначає місце розташування датчику який фіксує най-більший рівень шуму. Після чого оператор переміщає інші датчики звужуючи коло пошуку і встановлює більш точно джерело шуму. Після чого помічає місце ймовірного знаходження постраждалого. Цей прилад дозволяє встановлювати двосторонній голосовий зв'язок з постраждалими. Для цього потрібно на місце звідки лунає найгучніший звук закріпити приймач звукового сигналу.

Акустичний метод, який не передбачає використання спеціальних приладів має назву "МЕТОД ПРОСЛУХОВУВАННЯ ТА ОЗВУЧУВАННЯ". Для проведення розшуку за цим методом на місці ведення рятувальних робіт припиняють, або зводять до мінімуму всі роботи з використанням техніки. Цей період зветься "ЧАСОМ ТИШІ". Керівник рятувальних робіт розподіляє зону на ділянки пошуку між підрозділами. Рятувальники лягають на завал по периметру на відстані 2 – 5 метрів один від одного та прослуховують завал. Якщо з завалу не до-

носитися ні звука то командир, або особа за його наказом голосно промовляє в завал наприклад: “Тут допомога відповідайте”, якщо відповіді нема то потрібно повторити: “Відповідайте стуком”. При цьому доцільно використовувати мегафони. При отриманні відповіді з завалу всі хто її чув показують напрямом звідки вони чули звук точка перетину напрямків буде вірогідним місцем знаходження постраждалого або постраждалих. Необхідно мати на увазі, що металеві предмети можуть давати хибний напрямом звуку. Поступово рятувальники пересуваються до центру завалу. Після встановлення місця де знаходиться постраждалий рятувальники по можливості встановлюють з ним контакт в ході якого необхідно з’ясувати:

- стан постраждалого, чи впливають на нього уламки та на які саме частини тіла;
- самопочуття постраждалого та як глибоко він знаходиться;
- яка обстановка навколо нього, хто з людей знаходиться поруч, або він знає про їхнє місце знаходження і їхню кількість;
- розповісти постраждалому, що робиться для його порятунку.

Мета цієї розмови полягає в тому, що по-перше рятувальники отримують якомога більше інформації, а по-друге і це головне психологічно підтримують постраждалого.

Для визволення постраждалого рятувальники виконують роботи із проникнення в завал. Зважаючи на те, що завал – це хаотичне скупчення уламків будівельних конструкцій, меблів, обладнання, пошкоджених комунікацій тощо і при цьому невідомо наскільки вони міцно тримаються, роботи з проникнення всередину треба виконувати з дотриманням таких правил:

- великі уламки по можливості не ворушити, не навантажувати, не видаляти;
- просуватися вперед треба через не пошкоджені, або слабко пошкоджені частини будинку використовуючи існуючі отвори та порожнини;
- дрібні уламки треба видаляти вручну;
- краще витратити час на пролом стіни або стелі ніж створювати небезпеку заваленим людям під час видалення уламків.

Піротехніки ДСНС України кожного дня виконують надскладну роботу з пошуку та знищення вибухонебезпечних предметів. В тому числі, за необхідністю, можуть залучатись до розмінування території на місці виникнення надзвичайної ситуації, під’їзду до неї, вилучення вибухонебезпечних предметів з місця події тощо. Донецька область – одна з найбільш забруднених вибухонебезпечними предметами в країні. Тільки на території Донецької області з 24 лютого 2022 року виявлено, вилучено та знищено 142 894 ВВП.

На території Донецької області від Головного управління задіяно 9 санітарних автомобілів та 25 фельдшерів. Починаючи з 24.02.2022 здійснено понад 1550 виїздів та надано домедичну допомогу 826 постраждалим внаслідок обстрілів, понад 700 осіб транспортовано до лікувальних закладів.

Робота всіх рятувальних підрозділів дуже важка та напружена, а робота в умовах воєнних дій змушує ризикувати власним життям та життям своїх підлеглих при виконанні завдань за призначенням. Все це має негативний вплив на психологічний стан рятувальників. Також люди, які потрапляють у небезпечні ситуації, або їх близькі, зазвичай потребують кваліфікованої психологічної допомоги під час здійснення заходів з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Тому важливий щабель у ДСНС України займає психологічна служба.

Робота психолога ДСНС України на місці ліквідації наслідків надзвичайної ситуації кардинально відрізняється від звичайної роботи цивільного психолога, що надає необхідну психологічну допомогу населенню в мирний час. На відміну від цивільних психологів, психологам ДСНС України доводиться працювати, так би мовити під «відкритим небом», в польових умовах, тобто безпосередньо поряд або в осередку НС, поряд з фахівцями, що проводять аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи з ліквідації наслідків НС. Стрес-фактори НС, що привертають увагу як психолога ДСНС України, так і постраждалого, негативно впливають на результат їх взаємодії. Одним з головних завдань психолога ДСНС України, який надає допомогу постраждалому на НС є стабілізація його емоційного стану, надання психологічної підтримки та супроводу.

Також потребують психологічної допомоги люди, переміщені з районів ведення активних бойових дій. Вони переживають, як правило, безсилля, безпорадність, напруженість, злість, страх. Крім емоційної напруги, травматична подія може мати й фізичні наслідки, які часто виникають після критичної події. Саме тому психологи намагаються знайти індивідуальний підхід до кожного постраждалого, використовують різні прийоми та методи для стабілізації емоційного стану внутрішньо переміщених осіб. Особливої уваги заслуговує робота з дітьми. Психологи, використовуючи ігрові форми, казки та арттерапію, визначають актуальний психологічний стан малечі та допомагають адаптуватися до нових умов життя.

### **Висновки**

Організація проведення обов'язкової евакуації населення з території Харківської та Донецької областей та участь рятувальників в цих заходах є на даний час дуже важливою.

На території Харківської та Донецької областей внаслідок ведення активних бойових дій гостро стоїть питання збереження життя та здоров'я мирного населення. З цією метою на території областей проводиться обов'язкова евакуація населення, в тому числі із залученням рятувальників.

З початку широкомасштабної збройної агресії окупаційних військ проти України одним з пріоритетних напрямків роботи ДСНС України є надання допомоги місцевим органам влади в евакуації населення з прифронтових територій.

Так, починаючи з 24 лютого 2022 року, силами Головних управлінь у взаємодії з Харківською та Донецькою обласними військовими адміністраціями, Національною поліцією, Збройними Силами України з населених пунктів Харківської та Донецької областей, що постійно перебувають під ворожими обстрілами, було евакуйовано 20108 людей, з них 1799 дітей та 533 людини з обмеженими фізичними можливостями.

З метою виконання завдань щодо евакуації населення з цих територій, що поставлені Президентом України, Урядом, Харківською та Донецькою обласними військовими адміністраціями, на початку 2023 року керівник Головного управління прийняв рішення про створення евакуаційної групи «ФЕНІКС».

Евакуаційна група «ФЕНІКС» у своїй діяльності керується: Кодексом цивільного захисту України, Порядком проведення евакуації у разі загрози виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 30 жовтня 2013 року № 841, розпорядженням Кабінету Міністрів України від 02 серпня 2022 року № 679-р «Про проведення обов'язкової евакуації населення Донецької області», рішеннями Координаційного штабу з питань проведення обов'язкової евакуації населення в умовах воєнного стану, обласної евакуаційної комісії Донецької області та рішеннями регіональної комісії з питань техногенної та екологічної безпеки і надзвичайних ситуацій Донецької області, а також Положенням про позаштатну оперативну евакуаційну групу Головного управління. Особовий склад та техніка евакуаційної групи залучається до виконання завдань за призначенням відповідно до наказів начальника Головного управління.

На сьогодні у складі евакуаційної групи «ФЕНІКС» працює один підрозділ рятувальників, який має свою оперативну зону відповідальності. Також до заходів з евакуації населення залучено придані сили ДСНС України з інших областей, наразі працює один екіпаж приданих сил.

Підступність ворога вражає! Неодноразово особовий склад евакуаційних груп піддавався вогневому ураженню з боку окупаційних військ. Відбувалось травмування рятувальників, пошкодження броньованої техніки, але на щастя обходилося без жертв.

Кожна евакуаційна група складається мінімум з 2 рятувальників. Кількість особового складу евакуаційної групи може бути змінена за рішенням начальника Головного управління залежно від складності оперативної обстановки. Очоловати групу можуть як начальник Головного управління, так і його заступники, керівники районних управлінь або державних пожежно-рятувальних загонів Головного управління.

До складу евакуаційної групи залучаються:

представник від районного управління або державного пожежно-рятувального загону – для надання допомоги населенню, що евакуюється, та проведення інформаційно-роз'яснювальної роботи серед населення;

фельдшер – для надання медичної допомоги населенню або особовому складу евакуаційної групи у разі потреби;

водій спеціального броньованого автомобіля.

Додатково до роботи у складі групи залучається представник від Національної поліції України для проведення інформаційно-роз'яснювальної роботи з населенням та запобігання адміністративно-кримінальним правопорушенням з боку населення під час проведення евакуаційних заходів.

Особовий склад евакуаційної групи виконує свої функції і завдання під час проведення заходів з евакуації населення відповідно до наказів Головного управління, Положення про евакуаційну групу та своїх функціональних обов'язків.

Для збереження життя і здоров'я особового складу Головного управління та населення, спеціальний броньований автомобіль укомплектований засобами бронезахисту, індивідуальними засобами захисту органів дихання з фільтруючими елементами від хімічно-небезпечних та бойових отруйних речовин, медичними укладками, індивідуальними медичними аптечками, джгутами-турнікетами, медичними ношами та іншим необхідним майном.

Для забезпечення постійного зв'язку з керівництвом та Оперативно-координаційним центром Головного управління, медичними закладами спеціальний броньований автомобіль оснащений стаціонарною радіостанцією та системою супутникового зв'язку Starlink, особовий склад забезпечений переносними радіостанціями.

#### **Список використаних джерел**

1. Наказ ДСНС України від 02.04.2024 № 375 «Про особливості реагування на надзвичайні ситуації під час збройної агресії»;
2. Наказ МВС України від 26.04.2018 № 340 «Статут дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж»;
3. Кодекс Цивільного Захисту від 02.10.2012 № 5403-VI;
4. Посібник для підготовки до виконання пошуково-рятувальних робіт, реалізовуваних підрозділами ГУ ДСНС України у Львівській області на базовому рівні.

#### **References**

1. Order of the State Emergency Service of Ukraine No. 375, dated April 2, 2024, "On the Specifics of Emergency Response During Armed Aggression."
2. Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine No. 340, dated April 26, 2018, "Regulations on the Actions of Command Authorities and Units of the Civil Protection Operational Rescue Service During Firefighting."
3. Civil Protection Code of Ukraine No. 5403-VI, dated October 2, 2012.
4. A Training Manual for Conducting Search and Rescue Operations at the Basic Level, Implemented by Units of the Main Department of the State Emergency Service of Ukraine in Lviv Region.

## РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ В УМОВАХ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

**Михайло ІШИЧКІН**

начальник відділу планування заходів цивільного захисту управління організації заходів цивільного захисту Головного управління ДСНС України у Дніпропетровській області

**Василь ЛОЇК**

кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
v.loik1984@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3772-1640

**Олександр СИНЕЛЬНИКОВ**

кандидат технічних наук, доцент кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
o.synelnikov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0429-147X

**Мета дослідження:** метою дослідження є розробка та систематизація організаційно-функціональних заходів для забезпечення ефективного реагування на хімічні, біологічні, радіологічні, ядерні (ХБРЯ) інциденти та загрозу вибухів. Передбачається розробити модель координації сил, алгоритми дій у критичних ситуаціях, а також методичні рекомендації щодо підвищення рівня готовності персоналу та служб цивільного захисту.

**Методи дослідження:** аналіз нормативно-правової бази в сфері цивільного захисту; порівняльний аналіз міжнародного досвіду організації реагування на ХБРЯ-загрози; системний підхід до моделювання структури реагування; методи ризик-менеджменту для оцінки потенційної шкоди та ефективності заходів.

**Результати:** у результаті дослідження було сформовано уніфіковану модель організації заходів реагування на ХБРЯ та вибухові загрози, яка охоплює: поетапну організацію мобілізації ресурсів; алгоритми оцінки ситуації та прийняття рішень; процедури деконтамінації, медичної допомоги та евакуації; рекомендації щодо підготовки персоналу; визначення меж небезпечних зон і засобів індивідуального захисту тощо.

**Постановка проблеми:** у сучасних умовах високої технологічної складності, глобальних екологічних ризиків і загроз воєнного характеру особливого значення набуває готовність держави та суспільства до реагування на надзвичайні ситуації хімічного, біологічного, радіологічного, ядерного (ХБРЯ) характеру, а також загроз, пов'язаних із використанням саморобних вибухових пристроїв (СВП). Актуальність дослідження визначається необхідністю формування ефективної системи організації заходів, які забезпечують зниження рівня небезпеки, збереження життя та здоров'я населення, а також стабільність критичної інфраструктури.

## EMERGENCY RESPONSE UNDER CONDITIONS OF RADIATION CONTAMINATION

**Mykhailo ISHCHYKIN**

Head of the Civil Protection Planning Department, Directorate for Organization of Civil Protection Measures, Main Directorate of the State Emergency Service of Ukraine in Dnipropetrovsk Region

**Vasyl LOIK**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety,  
v.loik1984@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3772-1640

**Oleksandr SYNELNIKOV**

PhD, Associate Professor, Department of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety,  
o.synelnikov@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0429-147X

**Purpose of the study:** the aim of the study is to develop and systematize organizational and functional measures to ensure effective response to CBRN incidents and explosion threats. The study proposes to create a coordination model for forces, action algorithms in critical situations, and methodological recommendations to enhance the preparedness of personnel and civil protection services.

**Research methods:** analysis of the legal and regulatory framework in the field of civil protection; comparative analysis of international experience in responding to CBRN threats; systems approach to modeling the response structure; risk management methods for assessing potential harm and the effectiveness of measures.

**Results:** the study resulted in a unified model for organizing response measures to CBRN and explosive threats, which includes: phased organization of resource mobilization; situation assessment and decision-making algorithms; procedures for decontamination, medical assistance, and evacuation; recommendations for personnel training; determination of danger zone boundaries and personal protective equipment, among others.

**Problem statement:** in modern conditions of high technological complexity, global environmental risks, and wartime threats, the readiness of the state and society to respond to chemical, biological, radiological, and nuclear (CBRN) emergencies, as well as threats related to improvised explosive devices (IEDs), is of particular importance. The relevance of the study is determined by the need to form an effective system of organizational measures that reduce hazards, preserve the life and health of the population, and maintain the stability of critical infrastructure.

Рівень захисту персоналу та особового складу в початковій небезпечній зоні слід визначити у зв'язку з потенційним ризиком та передбачуваною роботою. Зверніть увагу, що:

- Операція з порятунку життя *може* бути виконана без засобів індивідуального захисту, якщо враховано ризики, операція є короткочасною та уникає прямого контакту з речовинами (**виняток:** бойові отруйні речовини);
- фільтрувальні засоби індивідуального захисту не забезпечують захисту в середовищі без кисню, у таких випадках необхідно використовувати ізолювальні засоби індивідуального захисту;
- якщо є ризик піддатися впливу іонізуючого випромінювання, накопичену дозу опромінення можна мінімізувати шляхом 1) збільшення відстані до джерела випромінювання; 2) скорочення часу опромінення; 3) збільшення екранування.

Одягання в ЗІЗ і роздягання після використання повинні відповідати процедурам, що застосовуються до використовуваного обладнання. Стандартне обладнання індивідуального захисту з маскою повнолицевою та фільтрувальним елементом, як правило, вимагає вологої деконтамінації перед одяганням. Стандартний ЗІЗ із захистом органів дихання FFP3 зазвичай вимагає поетапного сухого зняття без використання води.

**Небезпечні речовини – оцінка ризику**

**Небезпечні хімічні речовини (X)** зазвичай викликають гострі симптоми незабаром після впливу. **Винятки:** іприт (на шкірі), низькі концентрації газоподібного фтороводню та нерозчинних газів, оскільки вони можуть впливати на дихання через декілька годин після впливу.



**Небезпечні біологічні агенти (B)** зазвичай не викликають гострих симптомів незабаром після впливу. **Винятки:** бактеріальні токсини можуть викликати захворювання через кілька годин після впливу аерозоллю або ентерального прийому.



*Радіація зазвичай не викликає гострих симптомів незабаром після впливу. Винятки:* дуже високі дози опромінення (2000-3000 мЗв) можуть викликати продромальні симптоми променевої хвороби (нудота, блювання, діарея, еритема та гіпотензія) через кілька годин після опромінення. Ранні симптоми пов'язані з високими дозами опромінення.

*Невідома небезпека:* Екстрений (секунди – хвилини) розлад/травма без будь-якої іншої видимої причини, ймовірно, були викликані хімічними речовинами у формі газу/пари. Симптоми пацієнта можуть давати вказівки щодо типу газу.

**Зверніть увагу, що:**

- інфекційні речовини не дають симптомів протягом перших кількох годин, але симптоми можуть з'явитися після інкубаційного періоду.
- пам'ятайте про інші типи постраждалих, як-то від травми, теплового удару та про ятрогенні захворювання (від атропіну чи інших антидотів).

### Дії до прибуття та дії в дорозі до місця події

#### По дорозі до місця події

Дізнатися більше

- Чи є додаткова інформація про інцидент?
- Тип інциденту (РХБ (Я) або В – відомо, підтверджено або припущено?) і ступінь.
- Чи встановлений контрольний пункт (пункт спостереження)?
- Чи є інші ресурси (сили та засоби) на місці події або в дорозі?

Встановити зв'язок з іншими екстреними службами (спільний радіоканал).

#### Виберіть безпечний шлях до місця події

- Наближайтеся до місця події з навітряної сторони.
- Ніколи не наближайтеся до місця події ближче ніж на 50 м.
- Враховуйте напрямок вітру.
- **Безпечна зона для розміщення сил та засобів реагування** має бути достатньо великою, щоб транспортні засоби екстреної допомоги могли розвернутися.

• **Бажано, щоб безпечна зона для розміщення сил та засобів реагування** була добре відомим (очевидним) місцем.

### На місці події – оцінка, рішення та звіт

- 1) *Опишіть, що ви бачите, прибувши на місце події.*
- 2) *Підтвердьте адреси та координати. Сфотографуйте, якщо можливо.*
- 3) *Проведіть оцінку ризику*

- Чи потребують люди порятунку?
- Чи були ідентифіковані речовини?
- Чи є потреба в порятунку життя/повній деконтамінації або немає?
- Чи є необхідність в захисному обладнанні?
- Чи є потреба в більшій кількості матеріалів і ресурсів?

- 4) *Надайте звіт про ситуацію протягом 5 хвилин після прибуття*

- Чітко опишіть, що ви бачите і як ви це оцінюєте:
  - Речовина та кількість?
  - Кількість постраждалих та їх статус?
  - Потреба в антидотах (наприклад, ціанід, нервово-паралітичні гази та опіати)?
  - Необхідно більше ресурсів?
  - Потрібні фахівці?

Таблиця 1

Структурований звіт з місця інциденту з використанням абрєвіатури METAPHOR

| Значення літери |   | Пояснення  |
|-----------------|---|--|
| <b>М</b>        | Посвідчення особи / Підтверджено або спростовано інформацію про велику кількість постраждалих   | Спочатку вкажіть себе, а потім підтвердьте або спростуйте, що ви зіткнулися з ситуацією з великою кількістю постраждалих |
| <b>Е</b>        | Точне місце знаходження   | Повідомте точне місце події.   |
| <b>Т</b>        | Тип інциденту   | Автомобільна аварія, пожежа, РХБ (Я) (В), терористичний акт, інше?   |
| <b>А</b>        | Маршрут прибуття/виїзду   | Інформуйте інші підрозділи про найкращий шлях прибуття та виїзду   |
| <b>Р</b>        | Потенційні ризики   | Повідомте про будь-які потенційні ризики (наприклад, задимлення, слизька дорога, небезпечні особи або матеріали)         |
| <b>Н</b>        | Скільки пацієнтів   | Кількість постраждалих   |
| <b>О</b>        | Інші потреби  | Потреба в додаткових ресурсах або спеціалістах   |
| <b>Р</b>        | Повтор  | Приймач повторює повідомлення METAPHOR   |
| <b>ХБРЯ</b>     | 1. Видимий витік або газова хмара? Колір, запах, відомі/невідомі речовини?<br>2. Особи поблизу? В приміщенні, на вулиці, чи можуть вони надати інформацію?<br>3. Напрямок вітру, рельєф? Поруч промислові підприємства? Поруч будинки?<br>4. Зупиніть людей, які намагаються зайти на місце події (!) За потреби перекрийте дорогу! |  |

**Дії на місці події***1) Налагодити співпрацю з іншими екстреними службами*

- Поділіться інформацією та розподіліть пріоритети ресурсів.
- Командир на місці події повинен мати безпосередній візуальний контакт із зоною проведення операції.
  - Спрощені принципи слід використовувати в ситуаціях з великою кількістю постраждалих.

*2) Евакуювати*

- Евакуювати людей із джерела зараження (гаряча зона).
- Подумайте про безпечне місце для людей (див. наступну сторінку).

*3) Рятування/перша допомога*

- За потреби надайте домедичну допомогу та проведіть деконтамінацію.

*4) Встановити зонування місця події*

- Встановіть огороження навколо небезпечної зони та попередьте людей, які знаходяться поблизу.

- Використовуйте інформацію та спостереження для проведення зонування:

- *гарячої зони* (тобто небезпечна для життя зона, де евакуація здійснюється підрозділами (ДСНС України);

- *тепла зона* (зона з можливим ризиком для здоров'я, необхідні ЗІЗ);

- *холодна зона* (безпечна зона, не потрібні ЗІЗ).

*Хімічні та біологічні інциденти:*

Гаряча зона: Визначається підрозділами ДСНС України на основі спостережень (розвідки) і напрямку вітру.

Тепла зона: Від гарячої зони до незабрудненої території.

Холодна зона: Територія за межами теплої зони.

*Радіологічні (або ядерні) інциденти:*

Гаряча зона: Дозиметричні прилади виявляють радіацію > 100  $\mu$ Sv/h.

Тепла зона: Дозиметричні прилади виявляють радіацію 0,8 – 100  $\mu\text{Sv/h}$ .

Холодна зона: Дозиметричні прилади виявляють природний рівень радіації; 0 – 0,8  $\mu\text{Sv/h}$ ).

5) Надати новий звіт про ситуацію

б) Зібрати докази (якщо можливо, сфотографувати/зняти відео).

Укриття (заходи безпеки) на місці події та вдома

Заходи безпеки (вдома) вимагають закриття вікон, дверей і вентиляційних систем (АС) в будинках і будівлях, щоб мінімізувати вплив небезпечних речовин та агентів у повітрі.

При підозрі на небезпечні концентрації агентів РХБ (Я) на відкритому повітрі слід розглянути можливість укриття населення. Кімнати без вікон або з вікнами, які не виходять на місце виникнення події, висотою в один або кілька поверхів, є найбезпечнішими місцями для укриття. Вікна можуть розбитися під час вибухів, а ризик появи токсичних (хімічних) газів, важчих за повітря, найбільший у підвальних приміщеннях.

### **Евакуація**

Евакуацію з будинків, будівель або приміщень слід розглянути, коли існує ризик вибухів, загроза безпеці, або коли очікується висока концентрація токсичних газів (небезпечних хімічних речовин) всередині будівель.

Евакуація повинна бути ретельно спланована та ефективно проведена, щоб люди не зазнали більшого зараження та шкоди, ніж необхідно, коли вони переміщуються на вулицю.

### **Деконтамінація постраждалих**

Зараження хімічними речовинами та токсинами, бактеріальними спорами (наприклад, сибірська виразка) або радіоактивним матеріалом становить небезпеку для постраждалих та тих, хто їм допомагає, незалежно від того, чи знаходяться вони в початковій зоні небезпеки чи поза нею. Основна мета *деконтамінації* – якомога швидше зменшити вплив небезпечних речовин та небезпечних чинників.

1) **Деконтамінація** є процедурою, яку треба проводити при важких травмах, коли постраждалого необхідно терміново транспортувати до лікарні. Вона швидка і може виконуватися одночасно медичною допомогою та введенням антидоту. Особам які будуть надавати першу допомогу потрібні ЗІЗ, медичні ножниці для зрізання одягу та поліетиленові пакети для відходів, скотч.

**Таблиця 2**

#### Процедура (оперативної) деконтамінації

|   |
|---|
| <b>Вплив небезпечних хімічних речовин (Х)</b>   |
| Прибрати постраждалого від джерела хімічної небезпеки.<br>Зняти одяг, не стягуючи через голову. Омити людину водою, якщо вода доступна.<br>Укутати постраждалого в чисті ковдри, щоб уникнути охолодження.<br>Примітка. Якщо підозрюється наявність бойового агента, виконайте стандартну деконтамінацію. |
| <b>Вплив інфекційних біологічних речовин (Б)</b>  |
| Зазвичай немає потреби в рятівній деконтамінації (виняток; при підозрі на сибірську виразку та ботулотоксин – дотримуйтесь рекомендацій для Х).   |
| <b>Вплив радіоактивних речовин (Р)</b>  |
| Прибрати постраждалого від джерела опромінення.<br>Зняти одяг, не стягуючи через голову.<br>Обов'язково омити руки та обличчя потерпілого, щоб мінімізувати ризик внутрішнього забруднення.<br>Укутати постраждалого в чисті ковдри (одяг), щоб уникнути охолодження.                                     |
| Завжди пам'ятайте про деконтамінацію персоналу екстреної допомоги в міру необхідності. Зберіть речовини, що були розлиті, якщо це можливо.  |

2) **Деконтамінація сухим способом** слід розглядати при низьких температурах і при нестачі води, використовуючи сухий рушник або рулонний паперовий рушник.

3) **Деконтамінація вологим способом** є процедурою для всіх інших ситуацій з небезпечним зараженням, включаючи бойові отруйні речовини. Деконтамінація проводиться за допомогою абсорбентів, ганчірок, мила та води. Потім укутайте постраждалого в чисті ковдри перед транспортуванням до лікарні.

Таблиця 3

## Стандартна деконтамінація вологим способом (8 кроків)

|   |  |
|---|--|
| 1 | Зробити зонування території на забруднені та чисті зони. Одягти в ЗІЗ.   |
| 2 | Зняти з постраждалого одяг та взуття (не стягувати через голову, використовуйте ножиці).   |
| 3 | Визначите забруднені ділянки тіла (шкіра, волосся). Захистіть очі, ніс і рот постраждалого, наскільки це можливо, використовуючи окуляри та/або респіраторні маски, якщо область голови забруднена.  |
| 4 | - При підозрі на хімічне, радіоактивне або біологічне зараження; перейти до кроку 6  |
| 5 | - Якщо підозрюється використання нервово-паралітичної речовини:<br>1) Зібрати рідину зі шкіри/волосся за допомогою фуллерової землі, борошна або інших абсорбентів. Потім очистити. В якості альтернативи скористайтеся рушником, пелюшкою або іншим абсорбуючим матеріалом.<br>2) Змити залишки абсорбентів водою. Потім перейти до кроку 6.<br>- При підозрі на наявність органічного інфекційного матеріалу (наприклад, кров, блювота, кал, сеча від хворого з високою інфекцією): промийте милом та продезінфікуйте шкіру спиртом. |
| 6 | Промити та нанести рідке мило на найбільш забруднені ділянки тіла, використовуючи пом'якшену воду (33 - 35 °C) і бавовняну тканину. Потім систематично промити інші частини тіла чистою водою та протерти бавовняною тканиною, по черзі, протягом 1-2 хвилин.  |
| 7 | Систематично обполіскувати всю поверхню тіла. Потім перевести постраждалого у чисту зону і одягти у чистий одяг або обернути у сухі ковдри, щоб уникнути переохолодження.  |
| 8 | Персонал у ЗІЗ повинен допомагати один одному в деконтамінації та зніманні ЗІЗ відповідно до процедур із застосуванням ЗІЗ.  |

**Індивідуальна оцінка – кому потрібна деконтамінація?**

Лише пацієнти з підтвердженим зараженням потребують деконтамінації. Тому необхідна індивідуальна оцінка.

Особи, які зазнали впливу речовин у вигляді газу (наприклад, хлору або аміаку), **не потребують** деконтамінації вологим способом. Зняття одягу запобіжить подальшому поширенню газу. Якщо є підозра на утворення пухирів та агентів, що пошкоджують тканини (наприклад, іприт) або нервово-паралітичні речовини (наприклад, зарин або подібні), необхідно якомога швидше провести повну деконтамінацію всіх заражених осіб.

Особи, які зазнали впливу радіоактивних речовин, потребують деконтамінації лише у разі підозри на радіоактивне зараження. Виконайте вимірювання радіоактивності, якщо є вимірювальні прилади.



Рисунок 3 – Схема деконтамінації на місці події

### Виявлення, ідентифікація та моніторинг (ВІМ)

#### Виявлення хімічної речовини

Використання приладів хімічної розвідки, дозиметричного контролю та металодетекторів вибухових речовин вимагає підготовки та навичок. Прилади розвідки можуть надати корисну інформацію, якщо вони використовуються в приміщенні або в контейнерах із забрудненим одягом або рідинами. Прилади для виявлення можуть виявити підвищені концентрації вибухонебезпечних газів.

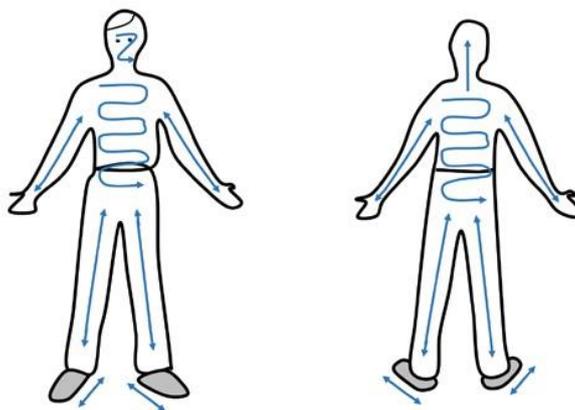
*Пам'ятка* – Ніколи не використовуйте детектори поблизу ємностей під тиском (небезпека – ризик вибуху!)

#### Виявлення радіоактивної речовини

- Вимірювачі потужності дози та персональні дозиметри надійні при правильному використанні.
- Більшість вимірювачів потужності дози вимірюють гамма-випромінювання (+ альфа- та бета-випромінювання, якщо додається зонд). Нейтрони не можливо виміряти.

#### Процедура сканування тіла вимірювачем потужності дози (радіометром)

1. Увімкніть вимірювач потужності дози та переконайтеся, що він працює, вимірявши природний радіаційний фон (відійдіть на кілька кроків від пацієнта, і ви зможете виміряти радіацію в діапазоні 0,05 - 0,2 мкЗв/год).
2. Тримайте прилад на 1 см над поверхнею тіла.
3. Рухайтесь повільно 3–5 см в секунду, не торкаючись постраждалого (ризик забруднення апарату!)
4. Тримайте пристрій нерухомо протягом 5 секунд на ділянках, ймовірно забруднених, або якщо значення перевищують 0,2 мкЗв/год.
5. Запишіть будь-які підвищені значення, локалізацію та час вимірювання.
6. Попросіть постраждалого відвести ноги і руки від тіла.
7. Розпочніть систематичне вимірювання на передній стороні, перемістивши вимірювач потужності дози **таким чином**:



### Симптоми впливу РХБ (Я) речовин

|             |   |
|-------------|---|
| Хімічні:    | Надшвидкий (протягом декількох секунд або хвилин) прояв хвороби/травми без будь-якої іншої видимої причини, ймовірно, був викликаний хімічними речовинами у формі газу/пари. Якщо речовина невідома, симптоми постраждалого можуть вказувати на тип речовини. |
| Біологічні: | При зараженні симптоми не проявляються протягом кількох годин.  |
| Радіаційні: | Низькі дози опромінення від радіоактивних речовин не мають гострих симптомів. Швидко (протягом хвилин кількох годин) виникають симптоми (наприклад, нудота, блювота) лише тоді, коли радіація загрожує життю.   |

### Початкова зона небезпеки, невідома речовина

Якщо речовина невідома, наприклад, під час перевезення змішаних небезпечних вантажів, рекомендуються такі початкові зони небезпеки:

- Тверді речовини: 50 м.
- Рідини: 100 м (від краю розливу).
- Гази: 300 м.

Де можливо, завжди працюйте з навітряної сторони: вітер дме від вас до речовини.



### Вибухові речовини (клас 1)



### Ризики

- Осколки.
- Ударна хвиля.
- Теплове випромінювання, пожежа.
- Токсичний дим/пари.

### Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Захист органів дихання та захисний одяг, відповідний для оцінених ризиків та поставленого завдання.

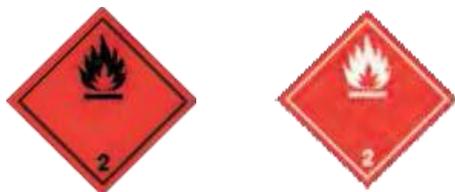
| ПОЧАТКОВА ЗОНА НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ ЕВАКУАЦІЇ     |        |
|--|--------|
| Горить вибухівка                           |        |
| - на відкритій місцевості (ризик осколків) | 1000 м |
| - в укритті (ризик ударної хвилі)          | 300 м  |
| - в комерційних приміщеннях                | 50 м   |

### Приклади заходів під час інциденту

- Почати спостереження на відстані.
- Евакуювати людей, що перебувають у небезпеці.
- Надати першу екстренну допомогу.
- Обгородити небезпечну зону.
- Попередити людей.
- Видалити джерела займання.
- Запобігти поширенню вогню на вибухові речовини.
- При пожежі в транспортному засобі: проводити оперативні дії з гасіння пожежі на безпечній відстані (перевагу віддавати гасінню полум'я в моторному відсіку, кабіні водія тощо) та уникати попадання води в ємність з небезпечними речовинами.

**Саморобні вибухові пристрої (СВУ):** якщо у вибухових речовинах або поблизу них виникла пожежа (наприклад, пожежа вантажу), чекайте в захищеному місці, доки вам не повідомлять, що його можна гасити.

### Займисті гази (клас 2)



### Ризики

- Пожежа, теплове випромінювання.
- Вибухонебезпечна газоповітряна суміш, осколки.
- Займання контейнера під тиском: вибух контейнера під тиском або BLEVE (вибух розширюваної пари скипаючої рідини)
  - Обмороження (наприклад, рідкий метан, рідкий водень).
  - Отруєння, хімічні опіки, асфіксія.

### Засоби індивідуального захисту

Захист органів дихання та захисний одяг, відповідний для оцінених ризиків та відповідного завдання.

| ПОЧАТКОВА ЗОНА НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ ЕВАКУАЦІЇ                  | вітер $\leq 2$ м/с | вітер $> 2$ м/с                     |
|---|--------------------|-------------------------------------|
| Невеликий викид (протікає ущільнення)                   | радіус 100 м       | 100 м за вітром<br>50 м проти вітру |
| Великі викиди (порушений з'єднувальний шланг або труба) | радіус 300 м       | 300 м за вітром<br>50 м проти вітру |
| Резервуар/цистерна, ризик розколу (BLEVE)               |                    | 1000 м                              |
| Аерозолі та одноразові ємності                          |                    | 50 м                                |
| Займання газового балона                                |                    | 300 м                               |

**Приклади заходів під час інциденту**

- Евакуювати людей, що знаходяться у небезпеці.
- Надати екстренну першу допомогу. Огородити небезпечну зону. Попередити людей.
- Видалити джерела займання.
- Осаджувати хмару водяним струменем, щоб направляти або розсіювати її та зменшити рівень забруднення.
- Не проводити гасіння горючого газу, якщо це не є оперативною необхідністю.
- Охолоджувати герметичні контейнери, що постраждали від термічного впливу.

**Не можна допускати контакту води зі зрідженим газом, напр. рідкий метан (оскільки вода сприяє виділенню тепла і збільшує випаровування).**

**Отруйні гази (клас 2)****Ризики**

- Отруєння, хімічні опіки, асфіксія.
- Обмороження.
- Займання контейнера під тиском.
- Вибух, осколки.

**Засоби індивідуального захисту**

Захист органів дихання та захисний одяг, відповідний для оцінених ризиків та відповідного завдання.

| ПОЧАТКОВА ЗОНА НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ ЕВАКУАЦІЇ                  | вітер $\leq 2$ м/с | вітер $> 5$ м/с                      |
|---|--------------------|--------------------------------------|
| Невеликий викид (протікає ущільнення)                   | Радіус 2 км*       | 500 м за вітром*<br>50 м проти вітру |
| Великі викиди (порушений з'єднувальний шланг або труба) | радіус 10 км*      | 3 км за вітром*<br>50 м проти вітру  |
| Аерозолі та одноразові ємності                          |                    | 50 м                                 |
| Займання газового балона                                |                    | 300 м                                |

\* Наведені відстані залежать від таких умов: відстані розраховані для зрідженого стисненого хлору та діоксиду сірки, але рекомендовані також для інших токсичних речовин з подібними властивостями. Викиди газових сумішей слід розглядати як невеликий витік.

**Приклади заходів під час інциденту**

- Евакуювати людей, що перебувають у небезпеці або перевести в укриття.
- Надати екстрену першу допомогу. Огородити небезпечну зону. Попередити людей.
- Охолоджувати герметичні контейнери, що постраждали від термічного впливу.
- Розбавити концентрацію газу введеним водяним туманом.
- Уникайте розпилення води на розлитий зріджений газ або на резервуари зі зрідженим газом, що протікають (оскільки вода сприяє виділенню тепла і збільшує розгазування).
- Поливати газові хмари розпиленою водою, водяним струменем, щоб спрямовувати або розсіювати газ.

• Розгляньте можливість повторного зрідження (для зріджених токсичних газів під тиском, наприклад, аміаку).

*У міських умовах важкі гази можуть поширюватися по колу, що може означати навіть протидії вітру. Повторне осадження витіку є ефективним, лише якщо витік відбувається з рідкої фази речовини.*

### Негорючі, нетоксичні гази (клас 2)



#### Ризики

- Обмороження.
- Вибух контейнера під тиском.
- Осколки.
- Речовини, що підтримують горіння (кисень).
- Дефіцит кисню при високих концентраціях деяких газів.

#### Засоби індивідуального захисту

Захист органів дихання та захисний одяг, відповідний для оцінених ризиків та відповідного завдання.

| ПОЧАТКОВА ЗОНА НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ ЕВАКУАЦІЇ               |        |
|--|--------|
| Аерозолі та одноразові ємності                       | 50 м   |
| Газові балони, що не є безпосередньо в зоні займання | 100 м  |
| Газові балони, що є безпосередньо в зоні займання    | 300 м  |
| Резервуар/цистерна, що ймовірно розгерметизується    | 1000 м |

#### Приклади заходів під час інциденту

- Евакуувати людей, що перебувають у небезпеці.
- Надати екстрену першу допомогу.
- Обгородити небезпечну зону.
- Попередити людей.
- Охолоджувати герметичні контейнери, що постраждали від термічного впливу.
- Зважайте на те, що витік кисню може посилити пожежу.

### Займісті рідини (клас 3)



#### Ризики

- Пожежа та вибухи.
- Теплове випромінювання.
- Токсичний дим.
- Шкода довкіллю.

**Засоби індивідуального захисту**

Захист органів дихання та захисний одяг, відповідний для оцінених ризиків та відповідного завдання.

|  |       |
|--|-------|
| ПОЧАТКОВА ЗОНА НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ ЕВАКУАЦІЇ | 50 м  |
| За умов «стану випаровування»          | 100 м |

**Приклади заходів під час інциденту**

- Евакуювати людей, що перебувають у небезпеці.
- Надати екстрену першу допомогу.
- Обгородити небезпечну зону.
- Попередити людей.
- Видалити джерела забруднення.
- Покрити рідину піною.
- Зібрати у контейнер або прибрати речовини для запобігання їх поширенню.
- У разі пожежі: оцінити, чи є достатньо ресурсів для гасіння.

**Легкозаймисті тверді речовини, самореактивні речовини та тверді десенсибілізовані вибухові речовини (клас 4.1)**

**Ризики**

- Пожежа.
- Теплове випромінювання.
- Вибухи.
- Займисті гази.
- Подразливий та токсичний дим/пари.
- Вибух пилу.
- Шкода довкіллю.

**Засоби індивідуального захисту**

Захист органів дихання та захисний одяг, відповідний для оцінених ризиків та відповідного завдання.

|  |       |
|--|-------|
| ПОЧАТКОВА ЗОНА НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ ЕВАКУАЦІЇ                                   | 50 м  |
| Під час пожежі, сильної загазованості або коли є ризик бурхливої реакції | 300 м |

**Приклади заходів під час інциденту**

- Евакуювати людей, що перебувають у небезпеці.
- Надати екстрену першу допомогу.
- Обгородити небезпечну зону.
- Попередити людей.
- Видалити джерела займання.

- Перемістити контейнери та охолодити їх великою кількістю води.
- Підвищення температури може призвести до сильної пожежі з вибухом.
- *Металеві займисті речовини дуже важко гасити, вони мають дуже високу температуру.*
- *Існує ризик вибуху при підозрі займання десенсибілізованих вибухових речовин.*
- *Нагріті контейнери можуть вибухнути від внутрішнього тиску.*

#### Речовини, схильні до самозаймання (клас 4.2)



#### Ризики

- Пожежа.
- Теплове випромінювання.
- Вибух пилу.
- Подразливий та токсичний дим/пари.
- Може займати без зовнішнього джерела запалювання.
- Шкода довкіллю.

#### Засоби індивідуального захисту

Захист органів дихання та захисний одяг, відповідний для оцінених ризиків та відповідного завдання.

|  |       |
|--|-------|
| ПОЧАТКОВА ЗОНА НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ ЕВАКУАЦІЇ                                   | 50 м  |
| Під час пожежі, сильної загазованості або коли є ризик бурхливої реакції | 300 м |

#### Приклади заходів під час інциденту

- Евакуювати людей, що перебувають у небезпеці.
- Надати екстрену першу допомогу.
- Обгородити небезпечну зону.
- Попередити людей.
- Видалити джерела займання.
- Перемістити контейнери та охолодити їх великою кількістю води.
- **Відкриття контейнерів може спричинити вибухонебезпечну пожежу.**

#### Речовини, які при контакті з водою виділяють легкозаймисті гази (клас 4.3)



**Ризики**

- Пожежа.
- Теплове випромінювання.
- Подразливий та токсичний дим/пари.
- Виділяє легкозаймисті або токсичні гази.
- Вибухонебезпечна газоповітряна суміш.
- Шкода довкіллю.

**Засоби індивідуального захисту**

Захист органів дихання та захисний одяг, відповідний для оцінених ризиків та відповідного завдання.

|  |       |
|--|-------|
| ПОЧАТКОВА ЗОНА НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ ЕВАКУАЦІЇ   | 50 м  |
| Під час пожежі, сильної загазованості або коли є ризик бурхливої реакції; наприклад при контакті з водою | 300 м |

**Приклади заходів під час інциденту**

- Евакуювати людей, що перебувають у небезпеці.
- Надати екстрену першу допомогу.
- Обгородити небезпечну зону.
- Попередити людей.
- Видалити джерела займання.
- Перемістити контейнери та охолодити їх великою кількістю води.
- Перемістити контейнери, що перебувають в зоні впливу вогню.
- Не використовувати воду як вогнегасну речовину.

**Окислюючі речовини (клас 5.1)****Ризики**

- Посилює вогонь.
- Під час сильних пожеж існує ризик вибуху при великій кількості речовини або якщо речовина оточена вогнем.
- Токсичний дим/пари.
- Корозійний дим/пари.

**Засоби індивідуального захисту**

Захист органів дихання та захисний одяг, відповідний для оцінених ризиків та відповідного завдання.

|  |              |
|--|--------------|
| ПОЧАТКОВА ЗОНА НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ ЕВАКУАЦІЇ | 50 м         |
| Ризик пожежі або вибуху                | $\geq 300$ м |

**Приклади заходів під час інциденту**

- Почати орієнтуватися на відстані.
- Евакуювати людей, що перебувають у небезпеці.

- Надати екстрену першу допомогу.
  - Обгородити небезпечну зону.
  - Попередити людей.
  - Видалити джерела займання.
  - Уникати контакту з горючими матеріалами.
  - Спробувати розбавити речовину, щоб зменшити ризик пожежі та вибуху.
  - Не використовувати органічні сорбенти.
  - Перемістити контейнери та охолодити їх великою кількістю води.
  - Охолоджувати контейнери із захищеного місця.
- **Не здійснювати реактивне реагування, якщо є ризик вибуху.**

### Органічні пероксиди (клас 5.2)



#### Ризики

- Сильна пожежа.
- Теплове випромінювання.
- Може вже почати розкладатися при помірно підвищених температурах і виділяти легкозаймисті гази.
- При нагріванні може вибухнути.
- Токсичний дим/пари.
- Корозійний дим/пари.

#### Засоби індивідуального захисту

Захист органів дихання та захисний одяг, відповідний для оцінених ризиків та відповідного завдання.

|  |              |
|--|--------------|
| ПОЧАТКОВА ЗОНА НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ ЕВАКУАЦІЇ | 50 м         |
| Ризик пожежі або вибуху                | $\geq 300$ м |

#### Приклади заходів під час інциденту

- Почати орієнтуватися на відстані.
  - Евакуювати людей, що перебувають у небезпеці.
  - Надати екстрену першу допомогу. Обгородити небезпечну зону. Попередити людей.
  - Видалити джерела займання.
  - Уникати контакту з металами та іншими хімічними речовинами.
  - Спробувати розбавити речовину, щоб зменшити ризик пожежі та вибуху.
  - Перемістити контейнери та охолодити їх великою кількістю води.
  - Охолоджувати контейнери із захищеного місця.
  - Будьте особливо обережні з речовинами класу 5.2, які транспортуються при підвищеній температурі.
- *Підвищення температури може призвести до сильної вибухової пожежі.*
  - *Нагріті контейнери можуть вибухнути від внутрішнього тиску.*

- Проактивне реагування не повинно здійснюватися, якщо є ризик вибуху.

### Токсичні речовини (клас 6.1)



#### Ризики

- Серйозні травми (через дихальну систему, рот, очі або шкіру).
- Довгострокові наслідки (рак, ураження плода, генетичні пошкодження).
- Шкода довкіллю.

#### Засоби індивідуального захисту

Захист органів дихання та захисний одяг, відповідний для оцінених ризиків та відповідного завдання.

| ПОЧАТКОВА ЗОНА НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ ЕВАКУАЦІЇ                                   |       |
|--|-------|
| Тверді речовини  | 50 м  |
| Рідини   | 100 м |
| Під час пожежі, сильного розгазування або коли є ризик бурхливої реакції | 300 м |

#### Приклади заходів під час інциденту

- Евакуювати людей, що перебувають у небезпеці або перевести у безпечне місце.
- Надати екстрену першу допомогу.
- Обгородити небезпечну зону.
- Попередити людей.
- Обмежити використання води для гасіння вогню.
- Зібрати в контейнер або прибрати речовину, щоб запобігти поширенню зараження.

### Інфекційні речовини (клас 6.2) та біологічні токсини



#### Ризики

- Інфекційні речовини можуть викликати захворювання у людей або тварин, але не викликають жодних симптомів у перші години/дні після зараження.
- Біологічні токсини не викликають гострих симптомів; хвороба може виникнути або проявитися протягом декількох годин.

#### Засоби індивідуального захисту

Захист органів дихання та захисний одяг, відповідний для оцінених ризиків та відповідного завдання.

|  |      |
|--|------|
| ПОЧАТКОВА ЗОНА НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ ЕВАКУАЦІЇ | 50 м |
|--|------|

#### Приклади заходів під час інциденту

- Евакуювати людей, що перебувають у небезпеці.
- Надати екстрену першу допомогу (особи, заражені спорами сибірської виразки або ботулотоксином, повинні бути незаражені).

- Обгородити небезпечну зону.
- Попередити людей.
- Повідомити людей про те, що вони не повинні їсти, пити або палити, поки не поміють руки.
- Якщо інцидент стався в будівлі:
  - Закрити будівлю.
  - Закрити вікна та двері.
  - Закрити/вимкнути вентиляцію.
- За оцінку медичних ризиків відповідає черговий лікар-інфекціоніст.

### Радіоактивні речовини (клас 7)



### Ризики

- Пряме радіаційне ураження при високих дозах.
- Довгострокові наслідки (рак, пошкодження плода, генетичні пошкодження).
- Внутрішнє зараження при вдиханні або ковтанні.
- Гамма (і нейтронне) випромінювання має великий діапазон і проникає через усі види захисного одягу.

### Запропоновані засоби індивідуального захисту

Захист органів дихання та захисний одяг, відповідний для оцінених ризиків та відповідного завдання.

|  |       |
|--|-------|
| ПОЧАТКОВА ЗОНА НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ ЕВАКУАЦІЇ | 50 м  |
| Рідини або пари                        | 300 м |

### Приклади заходів під час інциденту

- Евакуувати людей, що перебувають у небезпеці.
- Надати екстрену першу допомогу. Вивести людей із небезпечної зони.
- Якщо є підозра на наявність радіоактивних речовин на тілі: прибрати опромінення, знявши одяг.
  - Обгородити небезпечну зону. Попередити людей.
  - Проводьте якомога менше часу в радіаційно-зараженій зоні.
  - Підтримуйте якомога більшу відстань від джерела випромінювання.
  - Не торкайтеся предметів у небезпечній зоні.
  - Не залучати більше персоналу, ніж необхідно (виключити жінок дітородного віку).
  - Розробіть графік чергувань персоналу так, щоб кожна особа перебувала якомога менше часу в небезпечній зоні.
    - Записати час у небезпечній зоні та розрахувати дозу для кожної людини.
    - При наявності доступу до вимірювальних приладів, межа встановлюється на потужність дози 100 мкЗв/год\*.

\* При потужності дози 100 мкЗв/год можна працювати протягом 200 годин до досягнення межі професійної дози 20 мЗв на рік.

**Корозійні речовини (клас 8)****Ризики**

- Хімічні опіки шкіри, очей та дихальних шляхів.
- Може при контакті з іншими речовинами викликати бурхливу хімічну реакцію.
- При контакті з металами можуть утворюватися горючі та токсичні гази.
- Пожежі.
- Шкода довкіллю.

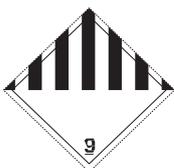
**Засоби індивідуального захисту**

Захист органів дихання та захисний одяг, відповідний для оцінених ризиків та відповідного завдання.

|  |       |
|--|-------|
| ПОЧАТКОВА ЗОНА НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ ЕВАКУАЦІЇ                                   | 50 м  |
| Під час пожежі, сильного розгазування або коли є ризик бурхливої реакції | 100 м |

**Приклади заходів під час інциденту**

- Евакуювати людей, що перебувають у небезпеці.
- Надати екстрену першу допомогу. Промити очі та заражену шкіру водою.
- Обгородити небезпечну зону.
- Попередити людей.
- Видалити будь-які гази шляхом подачі води.
- Кислотні залишки нейтралізувати вапном.
- Розбавити луги великою кількістю води.
- Зібрати в контейнер або прибрати речовину, щоб запобігти поширенню зараження.
- Пам'ятайте, що кислоти можуть реагувати зі звичайними сорбентами.

**Різні небезпечні речовини та вироби (клас 9)****Ризики**

- Небезпека для здоров'я.
- Токсичний дим/пари.
- Вибух.
- Багато речовин цього класу шкідливі для навколишнього середовища.
- Контакт певних речовин з водою може призвести до бурхливої реакції.

**Засоби індивідуального захисту**

Захист органів дихання та захисний одяг, відповідний для оцінених ризиків та відповідного завдання.

|  |       |
|--|-------|
| ПОЧАТКОВА ЗОНА НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ ЕВАКУАЦІЇ | 50 м  |
| Під час пожежі                         | 100 м |

### Приклади заходів під час інциденту

- Евакуювати людей, що перебувають у небезпеці.
- Надати екстрену першу допомогу. Промити очі та заражену шкіру водою.
- Обгородити небезпечну зону.
- Попередити людей.
- Під час пожежі здійснювати охолодження ємностей.
- Зібрати в контейнер або прибрати речовину, щоб запобігти поширенню зараження.

**Деякі речовини (з ідентифікаційним номером небезпеки 99) можуть викликати бурхливі реакції при застосуванні води**

### Бойові отруйні речовини (БОР)

Бойові отруйні речовини (БОР) є надзвичайно небезпечними хімічними агентами, призначеними для нанесення пошкоджень або вбивства. Нервово-паралітичні речовини та речовини шкірно-наривної дії вважаються найбільш імовірними для використання при терористичних атаках.

**Таблиця 4**

#### Бойові отруйні речовини

|   |
|---|
| <p><i>Нервово-паралітичні речовини</i> (наприклад, зарин) – це рідини, які виділяють надзвичайно токсичні пари у помірній або невеликій концентрації. У рідкому вигляді вони швидко всмоктуються через незахищену (або погано захищену) шкіру. Як вдихання пари, так і контакт зі шкірою з рідиною/краплями можуть призвести до смерті протягом декількох хвилин. Першими симптомами отруєння нервово-паралітичними газами, як правило, є маленькі зіниці та збільшене виділення слини/слизу.</p> |
| <p><i>Речовини шкірно-наривної дії</i> (наприклад, іприт) – це рідини, які виділяють помірну концентрацію пари. У рідкій формі, а також у газоподібній формі вони пошкоджують шкіру, слизові оболонки та очі протягом декількох хвилин, але рідко бувають смертельними відразу після цього. Симптоми можуть бути відкладеними на кілька годин (іприт) або з'явитися негайно (люїзит).</p>   |
| <p><i>Речовини, що впливають на склад крові</i> (такі як ціаністий водень HCN, хлористий ціан) є газами, в умовах кімнатної температури. При вдиханні вони інактивують систему цитохромоксидази, перешкоджаючи належному переносу кисню клітинами.</p>  |
| <p><i>Речовини задушливої дії</i> (такі як фосген) – це газу, які атакують легеневу тканину та подразнюють верхні дихальні шляхи. Лікування подібне до впливу хлору, див. токсичні промислові хімікати.</p>   |

### Важлива інформація про лікування

- Протигаз із відповідним РХБ (Я)-фільтрувальним елементом забезпечує захист від первинного та вторинного контакту.
- Антидоти для нервово-паралітичних речовин необхідно вводити якомога швидше, бажано автоінжектором атропіну-оксиму. Ефективних антидотів для речовини шкірно-наривної дії не існує.
- Не торкайтеся потерпілих без відповідного захисного спорядження (звичайні гумові рукавички погано захищають від нервово-паралітичних речовин).
- Реанімацію «рот в рот» не можна проводити, адже вона може призвести до зараження рятувальника.
- Заражений одяг і взуття з постраждалого треба зняти, а також за умов сильного зараження, можливо, навіть зрізати волосся і бороду, якомога швидше після евакуації.
- Повне знезараження має бути проведено якомога швидше, якщо є підозра на вплив нервово-паралітичних речовин або речовин шкірно-наривної дії: зберіть будь-яку рідину з шкіри (наприклад, за допомогою борошна, абсорбентів), не розтираючи. Далі треба прийняти душ, застосувати мило і знову прийняти душ.

## Інші хімічні речовини

### Сльозогінний газ

#### Ризики та симптоми

Сльозогінний газ може дуже швидко викликати подразнення очей і дихальних шляхів. Може викликати больові відчуття при попаданні на мокру або пошкоджену шкіру. Надмірний контакт з речовиною також може викликати нудоту.

Типові симптоми включають:

- відчуття печіння в носі, роті та горлі
- дуже сльозяться очі і надмірне слиновиділення
- кашель

Токсичність низька, тобто потрібні набагато вищі концентрації, ніж ті, які викликають сильні симптоми, щоб завдати прямої шкоди. Однак дуже високі концентрації в закритих приміщеннях можуть спричинити серйозні ушкодження.

Важлива інформація про надання допомоги

• Сльозогінний газ має майже негайну дію, але симптоми зникають через 15–30 хвилин після застосування.

• Перша допомога передбачає евакуацію в зону зі свіжим повітрям, зняття верхнього одягу та очищення залишку зі шкіри/одягу.

• У разі сильного контакту з речовиною очі слід промити водою або фізіологічним розчином. Не можна терти очі (можливе пошкодження рогівки).

• Промивання водою спочатку може посилити подразнення та біль у ділянках з тонкою шкірою.

### Перцевий балончик

#### Ризики та симптоми

Перцевий балончик розпорошує рідину у вигляді аерозолю. Вона подразнює слизові оболонки і в першу чергу викликає симптоми в роті, носі та очах. Вона шкодить постраждалому, викликаючи хворобливе подразнення очей. Це може призвести до погіршення зору, підвищеної чутливості до світла або тимчасової сліпоты. У деяких людей це також може викликати серйозні проблеми з диханням, алергічні реакції та висипання.

Типові симптоми включають:

- виділення з очей та носа
- біль в очах і обличчі
- почервоніння шкіри, прискорений пульс і підвищення артеріального тиску
- прискорене дихання

Важлива інформація про надання допомоги

• Ефект перцевого балончика триває довше, ніж сльозогінного газу (прибл. 30–50 хв).

• Краплі аерозолю від спрею можуть заражати все, до чого торкається постраждала людина. Треба уникати тертя очей, вимити руки, переодягнутись та прийняти душ якомога швидше.

• Одягайте рукавички під час евакуації або першої допомоги людям, що мають рідину з перцевого балончика на шкірі/одязі.

• Перемістіть постраждалих людей до місця зі свіжим повітрям, промийте уражені місця холодною водою.

• Обережно висушіть (зберіть) будь-які залишки вологим або сухим рушником, не розтираючи. Це особливо важливо навколо очей.

### Газоподібний хлор і аміак

ХЛОР ( $\text{Cl}_2$ ) – жовтувато-зелений газ, у 2,5 рази важчий за повітря, і має легко впізнаваний різкий запах. Його транспортують у рідкому вигляді. Його низька температура кипіння (–34°C) означає, що рідина швидко випаровується в газ. У низьких концентраціях викликає місцеве подразнення; високі концентрації викликають пошкодження тканин, проблеми з диханням і легеневу недостатність, що може бути смертельним. Контакт зі шкірою та слизовими оболонками може викликати серйозні пошкодження.

Аміак ( $\text{NH}_3$ ) – безбарвний газ, легший за повітря і має різкий запах (запах побутового аміаку). Використовується в промисловості, сільському господарстві та великих холодильних установках. Його низька температура кипіння ( $-33^\circ\text{C}$ ) означає, що рідина швидко випаровується в газ. У низьких концентраціях викликає місцеве подразнення; високі концентрації викликають пошкодження тканин, проблеми з диханням і легеневу недостатність, що може бути смертельним. Контакт зі шкірою та слизовими оболонками може спричинити глибокі пошкодження.

#### **Ризики і симптоми (обидва газу)**

Типові симптоми для обох газів (низькі/середні концентрації) включають:

- відчуття печіння в носі, роті та горлі
- захриплість і кашель
- головний біль і болі в грудях

#### **Високі концентрації можуть призвести до:**

- набряку горла, набряку легенів і небезпечної для життя нестачі кисню
- у рідкому вигляді при випаровуванні може викликати обмороження

#### **Важлива інформація про надання допомоги**

- Антидотів немає. За потреби надайте кисень і проведіть допоміжну штучну вентиляцію легенів або розширену серцево-легеневу реанімацію.
- Більшість ХБРЯ-фільтрувальних елементів з панорамними масками захищають лише від низьких концентрацій аміаку. Деякі часто використовувані фільтрувальні елементи взагалі не забезпечують захист від дуже летких хімічних речовин, таких як аміак. Завжди перевіряйте маркування ХБРЯ-фільтрувальних елементів перед використанням (!)
- Людям, які зазнали впливу газу, можна надавати допомогу без деконтамінації після евакуації з небезпечної зони. Однак, зняття одягу прибере запах газу та заспокоїть персонал лікарні, де постраждалому буде надаватись допомога.
- Особливо важливо промивати очі (водою або фізіологічним розчином), якщо вони були забризкані аміаком.
- Людей із симптомами слід якомога швидше відправити до лікарні.

#### **Сірководень і чадний газ**

**Сірководень** ( $\text{H}_2\text{S}$ ) – безбарвний горючий газ; він трохи важчий за повітря і пахне тухлими яйцями (запах може зникнути при високих концентраціях). Він може утворюватися, наприклад, шляхом гниття (стічні колодязі, підвали з добривами, очисні споруди тощо), але він також може утворюватися, якщо кислоту змішувати з рідинами, що містять сірку (наприклад, засіб для чищення туалетів, інсектициди тощо). У низьких концентраціях викликає місцеве подразнення; високі концентрації блокують поглинання кисню клітинами (подібно до ціаніду) і можуть викликати дихальну недостатність і смерть після кількох вдихів («нокдаун-ефект»).

#### **Ризики та симптоми ( $\text{H}_2\text{S}$ )**

При низьких/середніх концентраціях типові симптоми включають печіння в носі, роті та горлі, захриплість і кашель, головний біль і нудоту. При високих концентраціях втрата свідомості або смерть може настати протягом секунд/хвилин.

**Окис вуглецю, чадний газ** ( $\text{CO}$ ) – безбарвний горючий газ без запаху; він трохи легший за повітря і утворюється в результаті неповного згоряння матеріалів, що містять вуглець. Він зв'язується з гемоглобіном і блокує здатність крові переносити кисень. Чадний газ часто бере участь у спробах самогубства (вихлопні газу). Одноразові барбекю можуть виробляти високі концентрації чадного газу. Смертельні концентрації зазвичай виникають лише в закритих приміщеннях.

#### **Ризики та симптоми ( $\text{CO}$ )**

Типові симптоми включають головний біль, нудоту, запаморочення, сплутаність свідомості та гіпервентиляцію. При високих концентраціях типовими симптомами є кома, вишнево-червона шкіра та слизові оболонки (незважаючи на загрозу для життя нестачу кисню).

#### **Важлива інформація про надання допомоги ( $\text{H}_2\text{S}$ і $\text{CO}$ )**

- Немає антидотів; надати кисень та штучну вентиляцію легенів/реанімацію, якщо необхідно.

- Реанімація вважається безпечною після евакуації постраждалого з небезпечної зони.
- Сірководень токсичний навіть у дуже низьких концентраціях. Високі концентрації можуть призвести до смерті вже після кількох вдихів.
- Фільтрувальні елементи не забезпечують захисту від окису вуглецю (!) (Існують спеціальні фільтри, але в атмосфері, де утворюється СО, зазвичай під час пожежі, вже рівень кисню нижче 19 %; тому потрібен автономний дихальний апарат з подачею кисню або повітря).
- Людям, ураженим  $H_2S/CO$ , слід уникати фізичних навантажень, вони повинні сидіти у вертикальному положенні.
- *І сірководень, і чадний газ дуже горючі та можуть стати вибухонебезпечними при змішуванні з повітрям.*

### **Фтористий водень (фтористоводнева кислота)**

**Фтористий водень** (HF) – безбарвна рідина з температурою кипіння 20°C, тобто у високих концентраціях він випаровується в газ при кімнатній температурі. Зазвичай використовується для обробки металевих поверхонь і травлення скла. Газ легший за повітря, тому його високі концентрації можливі лише в приміщенні.

#### **Ризики та симптоми**

Дуже їдкий як у рідкій, так і в газоподібній формах, і викликає глибокі рани у всіх тканинах, з якими він контактує. Концентрований розчин на ділянці шкіри, що перевищує долоню, може бути небезпечним для життя. Він зв'язує кальцій у тканині; якщо уражені великі ділянки, рівень кальцію в крові може стати фатально низьким. Розведені розчини (менше 7 %) можуть викликати симптоми лише через одну-кілька годин.

#### **Типові симптоми включають:**

- інтенсивний біль при контакті з тканиною (шкіра, очі тощо).
- відчуття печіння в носі, роті та горлі.
- чхання, кашель, утруднене дихання та біль у грудях.

#### **Важлива інформація про надання допомоги:**

- Негайно почніть промивати шкіру/слизові оболонки великою кількістю води!
- Глюконат  $Ca^{++}$  у формі мазі можна наносити на пошкоджену шкіру (можна вводити інфузію глюконату  $Ca^{++}$ , якщо уражені великі ділянки шкіри).
- Постраждалим слід якомога швидше отримати медичну допомогу (невідкладна допомога/лікарня).

### **Саморобні вибухові пристрої (СВП)**

#### **Якщо вибухнув СВП**

- Нічого/нікого не рухати і не торкатися, це робота поліцейських саперів.
- Якнайшвидше проконсультуватися з експертами.
- Надати першу невідкладну допомогу тільки тоді, коли і якщо це можливо.
- Розмістити штаб з ліквідації в зоні надзвичайної події подалі від зон, де можуть бути присутні інші СВП.

#### **Недетоновані СВП**

- Нічого не рухати і не торкатися, це робота саперів ДСНС України або військових.
- Якнайшвидше проконсультуватися з експертами.
- Визначити, якщо можливо, тип вибухового пристрою на відстані за допомогою бінокля.
- Евакуювати людей з небезпечної зони та оточити відповідно до розрахункової потужності СВП.
- Розмістити штаб з ліквідації в зоні надзвичайної події подалі від зон, де можуть бути присутні інші СВП.

#### **Відстань кордону для різних типів СВП**

| СВП                | Відстань кордону        |
|--------------------|-------------------------|
| Пакет/лист         | 150 м в межах видимості |
| Сумка              | 200 м в межах видимості |
| Транспортний засіб | 500 м в межах видимості |

- Виберіть захищений пункт спостереження.
- Використовуйте будівлі або природні бар'єри для захисту.
- Тримайтесь подалі від будівель з великою кількістю скла.

### Поранення, отримані під час вибуху, згруповані за механізмами пошкодження:

• Основні травми спричинені вибуховою (ударною) хвилею; це, як правило, внутрішні травми (наприклад, барабанні перетинки, легені, кишечник, кровообіг, мозок, очі), які можуть бути серйозними або летальними, незважаючи на мінімальні видимі пошкодження тіла. Найбільша небезпека на коротких відстанях/в обмеженому просторі.

• Вторинні травми спричиняються предметами або осколками, викинутими в результаті вибуху, що зазвичай спричиняє порізи, проникаючі поранення та тупі поранення.

• Третинні ушкодження є наслідком того, що постраждалого може відкинути вибухом на будівлі або предмети, що зазвичай спричиняє переломи, контузії та травматичні ампутації (також поранення внутрішніх органів).

• Четвертинні травми – це інші травми, такі як опіки, вдихання токсичних газів, травми, спричинені руйнуванням будівель тощо.

### Транспортне маркування Приклади маркування



Таблиця 5

Маркування для транспортування небезпечних вантажів (система ООН)

|  |   |                                      |
|--|---|--------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Табличка означає «небезпечні вантажі»</li> <li>• Ідентифікаційні номери (0 – X) означають наступні ризики:</li> <li>• Повторне використання ідентифікаційних номерів передбачає підвищений ризик (див. приклади в таблиці 10).</li> <li>• Номер ООН = транспортне найменування хімічної речовини</li> </ul> | 0 | Незначна небезпека                   |
|  | 2 | Газ                                  |
|  | 3 | Займиста рідина або газ              |
|  | 4 | Займиста тверда речовина             |
|  | 5 | Окислювачі                           |
|  | 6 | Токсичні речовини                    |
|  | 7 | Радіоактивні речовини                |
|  | 8 | Корозійні речовини                   |
|  | 9 | Ризик спонтанної бурхливої реакції   |
|  | X | Вступає в небезпечну реакцію з водою |

Приклад:

- Ідентифікаційний номер 33 (“легкозаймиста рідина”), номер ООН 1088 (“Ацеталь”)

|      |
|------|
| 33   |
| 1088 |

Таблиця 6

Приклади повторюваного використання ідентифікаційних номерів, що свідчить про підвищений ризик

|     |   |
|-----|---|
| 20  | Задущливий (задушливий) газ без вторинного ризику                     |
| 22  | Охолоджений зріджений газ   |
| 23  | Займистий газ   |
| 268 | Токсичний корозійний газ  |
| 30  | Займиста рідина   |
| 33  | Легкозаймиста рідина  |
| 333 | Пірофорна рідина (спонтанна горюча рідина)                            |
| 606 | Інфекційна речовина   |
| 80  | Корозійна або злегка корозійна речовина                               |
| 9   | Різні небезпечні речовини, що перевозяться при підвищеній температурі |

## Список використаних джерел

1. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI // Відомості Верховної Ради України. - 2013.- №34-35.
2. Постанова Кабінету Міністрів України № 733 «Про затвердження Порядку організації радіаційного та хімічного захисту населення» від 26.09.2018 р.
3. Міністерство охорони здоров'я України. Рекомендації щодо дій у разі хімічної або радіаційної небезпеки. - Київ: МОЗ, 2023.
4. Лоїк В.Б., Ратушний Р.Т., Синельников О.Д., Тарнавський А.Б. Радіаційний, хімічний та біологічний захист. Частина 2: Радіаційний захист.-Львів: ЛДУ БЖД, 2022.-396 с.
5. Лоїк В.Б. та ін. Радіаційний, хімічний та біологічний захист. Частина 3: Біологічний захист. -Львів: ЛДУ БЖД, 2023. -254 с.
6. Баранов В.В. Хімічна безпека: навчальний посібник. — Харків: ХНУВС, 2020. -220 с.
7. Харченко В.Г. Радіаційна та хімічна безпека в умовах бойових дій: виклики та стратегії реагування // Безпека життєдіяльності.- 2022.- №4. -С. 15–22.
8. Станіславенко І.М., Коваленко Т.С. Організація заходів радіаційного захисту населення у кризових ситуаціях // Науковий вісник НАЦЗ України. - 2023.- №1. - С. 41–48.
9. Центр стратегічних комунікацій та інформаційної безпеки. Аналітика щодо загроз хімічного тероризму під час війни- Київ, 2023.

10. Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України). Офіційний сайт: <https://dsns.gov.ua>
11. Навчальний посібник: Радіаційний, хімічний та біологічний захист, частина 1 Хімічний захист, червень 2022 (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності);
12. Навчальний посібник: Радіаційний, хімічний та біологічний захист, частина 2 Радіаційний захист, серпень 2022 (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності).

### References

1. The Code of Civil Protection of Ukraine: Law of Ukraine dated 02.10.2012 № 5403-VI // Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine. - 2013.- №34-35.
2. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 733 “On Approval of the Procedure for Organizing Radiation and Chemical Protection of the Population” of 26.09.2018.
3. Ministry of Health of Ukraine. Recommendations for actions in case of chemical or radiation hazards. - Kyiv: Ministry of Health, 2023.
4. Loik VB, Ratushny RT, Sinelnikov OD, Tarnavsky AB Radiation, chemical and biological protection. Part 2: Radiation protection. - Lviv: LSU BZhD, 2022. -396 p.
5. Loik V.B. et al. Radiation, chemical and biological protection. Part 3: Biological protection. -Lviv: LSU BZhD, 2023. -254 c.
6. Baranov V.V. Chemical safety: a textbook. - Kharkiv: KHNUUA, 2020. - 220 c.
7. Kharchenko V.G. Radiation and chemical safety in the conditions of hostilities: challenges and response strategies // Safety of life. 2022. -C. 15-22.
8. Stanislavenko I.M., Kovalenko T.S. Organization of radiation protection measures for the population in crisis situations // Scientific Bulletin of the National Center for Health Protection of Ukraine. - 2023.- №1. - C. 41-48.
9. Center for Strategic Communications and Information Security. Analytics on the threats of chemical terrorism during the war - Kyiv, 2023.
10. State Emergency Service of Ukraine (SES). Official website: <https://dsns.gov.ua>.
11. Training manual: Radiation, Chemical and Biological Protection, Part 1 Chemical Protection, June 2022 (Lviv State University of Life Safety);
12. Training manual: Radiation, Chemical and Biological Protection, Part 2 Radiation Protection, August 2022 (Lviv State University of Life Safety).

## ЛІКВІДАЦІЯ ПОЖЕЖ НА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТАХ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННИХ ДІЙ

### Володимир-Петро ПАРХОМЕНКО

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, pvp02018@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7431-4801

### Роман КОНАНЕЦЬ

доктор філософії, заступник начальника кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, konanec@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2360-4002

### Роман СУКАЧ

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, sukach.r@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4174-9213

**Мета дослідження:** робота присвячена аналізу особливостей ліквідації пожеж на об'єктах енергетичної інфраструктури України в умовах воєнних дій.

**Методи дослідження:** аналітичний метод досліджень, що супроводжується обробкою інформації, стосовно небезпек на енергетичних об'єктах України в умовах війни, оцінки тактики дій особового складу пожежно-рятувальних підрозділів під час ліквідації таких пожеж.

**Результати:** висвітлено основні характеристики енергетичних об'єктів, їхню критичну роль у забезпеченні країни та безпеки, пов'язані з їхньою експлуатацією під час війни. Розглянуто фактори, що ускладнюють гасіння пожеж, зокрема пошкодження інфраструктури, обмежений доступ та ризики для безпеки особового складу. Проаналізовано тактику дій пожежно-рятувальних підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України), включаючи координацію, використання спеціалізованого обладнання та адаптацію до воєнних умов. Оцінено ефективність застосованих методів та їх відповідність до специфіки об'єктів. Визначено ключові виклики, з якими стикаються підрозділи під час ліквідації пожеж.

**Теоретична цінність дослідження:** систематизація знань про особливості гасіння пожеж на об'єктах енергетичної інфраструктури під час ускладнення оперативної обстановки в період воєнного стану. Аналіз небезпек поглиблює розуміння взаємозв'язку між характеристиками енергетичних об'єктів, воєнними загрозами та тактикою протипожежних заходів. Аналіз викликів, пов'язаних із пошкодженням інфраструктури, обмеженим доступом і безпекою особового складу, створює теоретичну базу для розробки нових підходів до організації пожежогасіння. Включення аспектів використання робототехніки та безпілотних літальних апаратів (БПЛА) сприяє формуванню сучасної концепції протипожежного захисту об'єктів критичної інфраструктури України, адаптованої до умов війни.

### Практична цінність дослідження

**Практична цінність:** полягає у наданні пропозицій для вдосконалення тактики гасіння пожеж на енергетичних об'єктах, що є критично важливим для забезпечення стабільності енергосистеми України в умовах воєнних дій. Аналіз дій пожежно-рятувальних підрозділів дозволяє виявити сильні та слабкі сторони поточних методів, пропонуючи практичні рішення для їх оптимізації. Впровадження робототехніки та БПЛА, запропоноване у висновках, має практичне значення для підвищення безпеки особового складу та ефективності оперативних дій, зменшуючи ризики під час ліквідації пожеж. Висновки можуть бути використані для розробки навчальних програм для підготовки, як здобувачів освіти закладів освіти чи науково-дослідних установ, що належать до сфери управління центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, так і для особового складу пожежно-рятувальних підрозділів, вдосконалення координації підрозділів та інтеграції

технологій у протипожежні операції. Таким чином, розділ сприяє підвищенню готовності ДСНС України до реагування на надзвичайні ситуації в умовах війни, забезпечуючи практичний внесок у захист енергетичної інфраструктури України.

**Ключові слова:** гасіння пожеж, воєнний стан, об'єкт критичної інфраструктури, особовий склад, робототехніка, безпілотні літальні апарати (БПЛА).

## **FIRE SUPPRESSION AT ENERGY FACILITIES OF UKRAINE UNDER CONDITIONS OF MILITARY OPERATIONS**

**Volodymyr-Petro PARKHOMENKO**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Fire Tactics and Rescue Operations, Lviv State University of Life Safety,  
pvpo2018@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7431-4801

**Roman KONANETS**

PhD, Deputy Head of the Department of Fire Tactics and Rescue Operations, Lviv State University of Life Safety,  
konanec@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2360-4002

**Roman SUKACH**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Fire Tactics and Rescue Operations, Lviv State University of Life Safety,  
sukach.r@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4174-9213

**Research purpose:** the study is devoted to the analysis of the specific features of fire suppression at energy infrastructure facilities of Ukraine under conditions of military operations.

**Research methods:** the analytical research method was applied, involving the processing of information regarding hazards at Ukrainian energy facilities during wartime and the assessment of tactical actions of fire and rescue units during fire suppression operations.

**Results:** the paper highlights the main characteristics of energy facilities, their critical role in ensuring national energy security, and the risks associated with their operation during war. Factors complicating fire suppression are considered, including infrastructure damage, restricted access, and risks to personnel safety. The tactics of the State Emergency Service of Ukraine (SES) fire and rescue units are analyzed, with emphasis on coordination, the use of specialized equipment, and adaptation to combat conditions. The effectiveness of the applied methods is assessed in relation to the specific characteristics of energy facilities. Key challenges faced by fire and rescue units in the suppression of fires are identified.

**Theoretical value:** the research systematizes knowledge about the peculiarities of fire suppression at energy infrastructure facilities under the complex operational environment of martial law. The analysis of hazards deepens the understanding of the interconnection between energy facility characteristics, wartime threats, and firefighting tactics. The study of challenges related to infrastructure damage, limited accessibility, and personnel safety creates a theoretical foundation for the development of new approaches to fire suppression management. Consideration of robotics and unmanned aerial vehicles (UAVs) contributes to shaping a modern concept of fire protection for Ukraine's critical infrastructure facilities, adapted to wartime conditions.

**Practical value:** the practical value lies in providing recommendations for improving firefighting tactics at energy facilities, which is critical for ensuring the stability of Ukraine's energy system during military operations. The analysis of fire and rescue unit actions reveals strengths and weaknesses of current methods and offers practical solutions for their optimization. The proposed integration of robotics and UAVs is of practical importance for enhancing personnel safety and operational effectiveness, reducing risks during fire suppression. The findings can be applied in the development of training programs both for students and researchers of educational and scientific

institutions under the authority of the central executive body responsible for civil protection policy, and for fire and rescue personnel. They also support the improvement of inter-unit coordination and the integration of technologies into firefighting operations. Thus, the study contributes to strengthening the SES readiness to respond to emergencies in wartime conditions, providing a practical input into the protection of Ukraine's energy infrastructure.

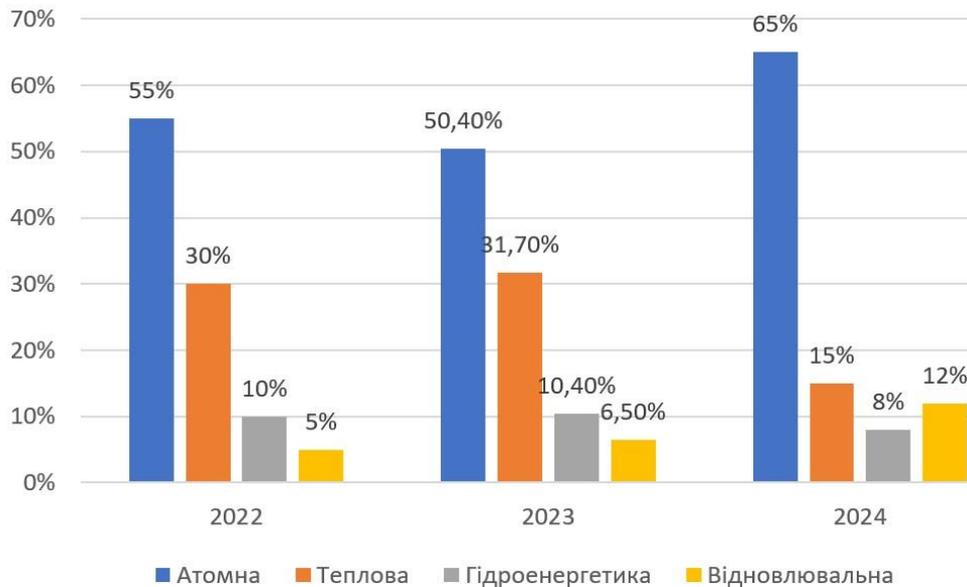
**Keywords:** fire suppression, martial law, critical infrastructure facility, personnel, robotics, unmanned aerial vehicles (UAVs).

### Вступ

Енергетична інфраструктура України є ключовим елементом національної безпеки, економічної стабільності та соціального добробуту країни. У контексті сучасних геополітичних викликів, зокрема тривалої війни з росією, забезпечення надійного функціонування енергетичного сектору набуває стратегічного значення. Україна, як одна з найбільших європейських держав за територією та населенням, залежить від ефективної енергетичної системи для підтримки промисловості, транспорту, сільського господарства та повсякденного життя громадян. За даними Міжнародного енергетичного агентства (International Energy Agency ((IEA), енергетичний сектор України стикається з безпрецедентними загрозами через систематичні атаки на інфраструктуру, що призводить до дефіциту електроенергії та ускладнює забезпечення базових потреб населення [1]. У 2025 році, після трьох років повномасштабної війни, енергетична система демонструє вражаючу стійкість, але потребує постійних зусиль для відновлення та модернізації.

Історично, енергетична інфраструктура України сформувалася в радянський період, коли країна була частиною Союзу Радянських Соціалістичних Республік (СРСР) і слугувала важливим транзитним хабом для постачання енергоносіїв до Європи. Після здобуття незалежності в 1991 році Україна успадкувала потужну мережу електростанцій, трубопроводів та мереж передачі, але зіткнулася з проблемами застарілої техніки, корупції та залежності від імпорту енергоносіїв, переважно з росії. Реформи в енергетичному секторі, започатковані в 2010-х роках, спрямовувалися на диверсифікацію джерел енергії, інтеграцію з європейським ринком та розвиток відновлюваних джерел. Зокрема, у 2014 році після анексії Криму та початку війни на території Донецької та Луганської областей Україна прискорила переорієнтацію на європейські постачання газу та електроенергії. До 2022 року частка атомної енергетики становила близько 55 % від загального виробництва електроенергії: теплової – 30%, гідроенергетики – 10%, а відновлюваних джерел (сонячна, вітрова) – 5% (рисунок 1). Однак повномасштабне вторгнення росії в лютому 2022 року радикально змінило ситуацію, спричинивши масовані удари по енергетичних об'єктах.

Необхідність енергетичної інфраструктури для України обумовлена її роллю в забезпеченні національної суверенності та економічного зростання. Енергетика є основою для промисловості, яка становить близько 20% ВВП країни, включаючи металургію, хімію та машинобудування. Без стабільного постачання електроенергії неможливе функціонування критичних секторів, таких як транспорт (залізниці, порти), сільське господарство (зрошення, переробка) та комунальні послуги (опалення, водопостачання).

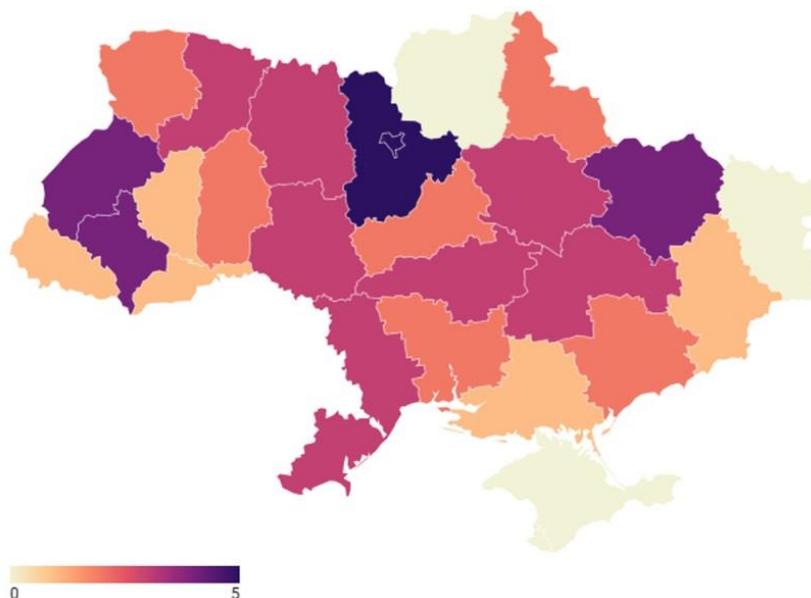


**Рисунок 1** – Діаграма відсоткового співвідношення енергетичної системи України в період з лютого 2022 року до кінця 2024 року [2-12]

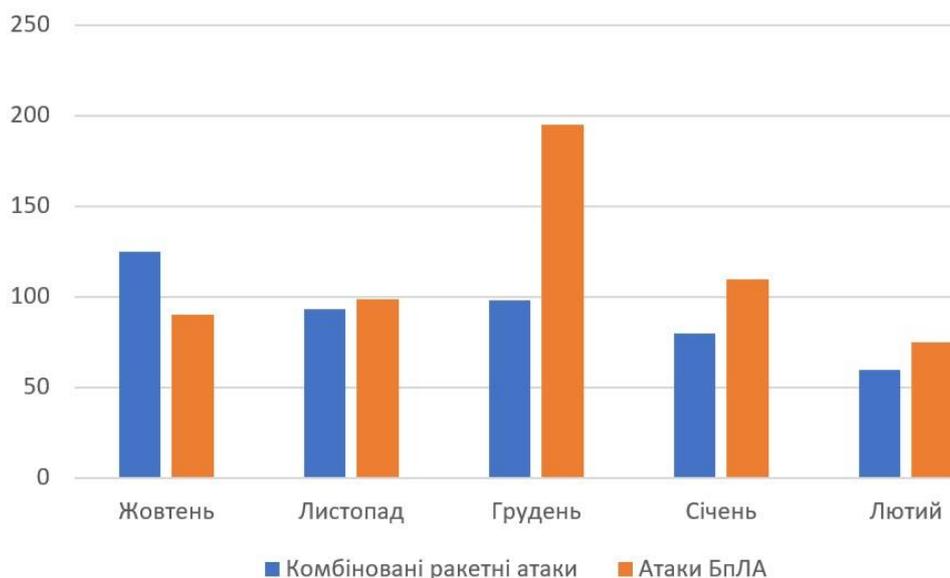
За оцінками Світового банку, щорічні втрати від пошкоджень енергетичної інфраструктури через війну перевищують мільярди доларів, а потреба в реконструкції на 2025 рік оцінюється в \$9,96 млрд [13]. Крім того, енергетична незалежність є ключовим фактором геополітичної стабільності: зменшення залежності від російських енергоносіїв дозволяє Україні інтегруватися в європейський енергетичний ринок, зокрема через приєднання до Європейської мережі системних операторів передачі електроенергії (ENTSO-E) у 2022 році. Це не тільки підвищує надійність постачань, але й відкриває можливості для експорту електроенергії до Європейського союзу (ЄС), що може стати джерелом додаткових доходів.

Особливості забезпечення енергетичної інфраструктури в Україні в умовах воєнного стану характеризуються комбінацією технічних, організаційних та геополітичних факторів. По-перше, географічне розташування країни робить її вразливою: значна частина об'єктів, таких як Запорізька атомна електростанція (АЕС) (тимчасово окупована), розташована поблизу лінії фронту, що збільшує ризики обстрілів та окупації [14].

За даними ACAPS, з 2022 року Росія здійснила сотні атак на енергетичні об'єкти, пошкодивши понад 50 % теплових електростанцій та значну частину мереж передачі (рисунок 2, 3).

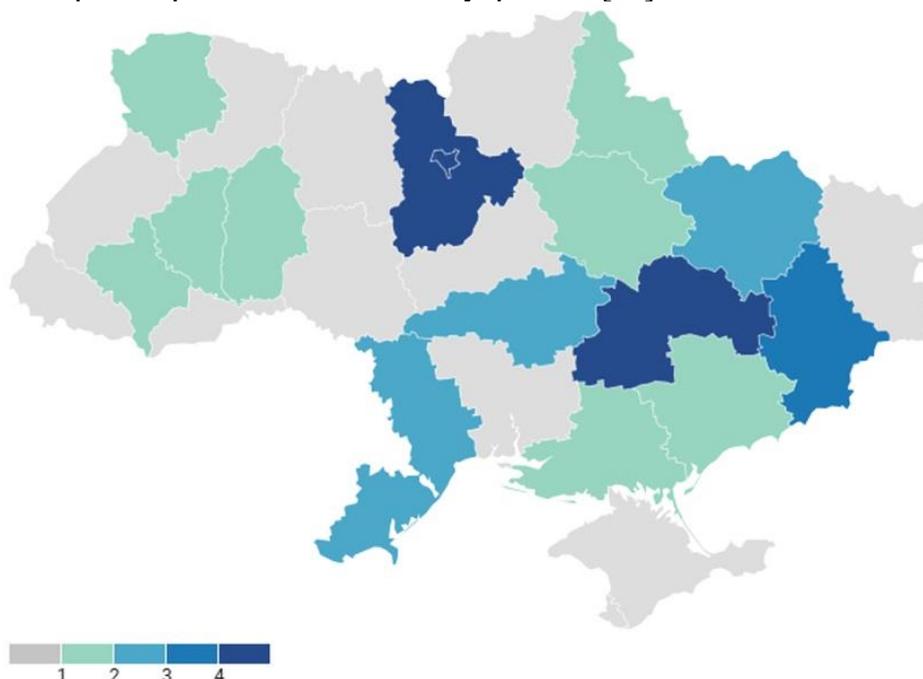


**Рисунок 2** – Теплова карта розподілу областей України, що постраждали від комбінованих ракетних атак та атак БПЛА на енергетичну інфраструктуру (прямі влучання та уламки), з 17 листопада 2024 року по 15 січня 2025 року



**Рисунок 3** – Хронологія комбінованих ракетних атак та атак БПЛА на енергетичну інфраструктуру з середини жовтня 2024 року до кінця січня 2025 року

Це призвело до дефіциту потужності, особливо взимку, коли попит на опалення зростає (рисунок 4). У 2024-2025 роках зимовий сезон став критичним: очікувані атаки на інфраструктуру могли призвести до відключень електроенергії на тривалі періоди, що загрожує гуманітарною кризою для мільйонів українців [15].



**Рисунок 4** – Теплова карта розподілу кількості незапланованих аварійних відключень, контрольованих державою, після комбінованих ракетних атак та атак БПЛА на енергетичну інфраструктуру, з 17 листопада 2024 року по 15 січня 2025 року

По-друге, забезпечення включає технічні аспекти, такі як модернізація обладнання та впровадження децентралізованих систем. Україна активно розвиває відновлювані джерела енергії (ВДЕ): до 2025 року частка ВДЕ зростає до 15-20% завдяки інвестиціям у сонячні та вітрові електростанції, попри постійні атаки, що спричиняють руйнування. Національний план з енергетики та клімату (НПЕК) на 2025-2030 роки, схвалений урядом у червні 2024 року, передбачає інвестиції в розмірі мільярдів євро для досягнення цілей декарбонізації та стійкості [16, 17]. План фокусується на трьох критеріях: доступність, безпека та стійкість, з акцентом на диверсифікацію джерел та інтеграцію з ЄС. Наприклад, імпорт електроенергії з Європи зростає:

у березні 2025 року Україна імпортувала 272 ГВт/год, з яких найбільша частка припала на Угорщину. Це компенсує втрати від пошкоджених теплоелектростанцій (ТЕС) та АЕС [18].

Необхідність енергетичної інфраструктури також проявляється в соціальному вимірі. Близько 40 мільйонів українців залежать від централізованого опалення, яке забезпечується тепловими мережами, пов'язаними з електростанціями. У воєнний час перебої в постачанні призводять до гуманітарних проблем: взимку 2024-2025 років мільйони людей ризикували залишитися без тепла через атаки на інфраструктуру [19]. Крім того, енергетика є інструментом гібридної війни: росія використовує атаки на об'єкти для дестабілізації суспільства, викликаючи паніку та економічні втрати. У відповідь Україна впроваджує заходи стійкості, такі як будівництво мобільних генераторів, децентралізованих сонячних панелей та резервних систем.

Міжнародна підтримка відіграє критичну роль у забезпеченні енергетичної інфраструктури. Європейський інвестиційний банк (ЄІБ) у липні 2025 року оголосив про ініціативу UKRAINE FIRST для фінансування відбудови, включаючи енергетичні проекти [20]. Сполучені Штати Америки (США), ЄС та інші партнери надали мільярди доларів на ремонт мереж та імпорт обладнання. Наприклад, транзит російського газу через Україну тривав до 2025 року, але обсяги зменшуються через диверсифікацію Європи [21]. Це підкреслює необхідність переходу до зеленої енергетики, при цьому до 2030 року Україна планує досягти 30 % в енергобалансі, що потребує інвестицій в інфраструктуру.

У квітні 2025 року енергетичний сектор України продемонстрував ознаки відновлення після важкого опалювального сезону: виробництво електроенергії стабілізувалося, але дефіцит потужності зберігався через пошкодження [22]. Після трьох років війни стійкість системи є результатом швидкої адаптації: ремонтні бригади працюють у режимі 24/7, а міжнародна допомога забезпечує запаси [3].

### **Постановка проблеми**

Особливості забезпечення енергетичної інфраструктури в умовах війни включають посилення фізичного захисту об'єктів. Багато електростанцій оснащені системами протиповітряної оборони, але пожежі, спричинені ракетними ударами, становлять серйозну загрозу. Наприклад, атаки на ТЕС призводять до вибухів палива, що ускладнює гасіння та вимагає спеціалізованої тактики дій від особового складу пожежно-рятувальних підрозділів. Необхідність у модернізації пожежної безпеки є очевидною: традиційні методи недостатні в зонах бойових дій, де доступ обмежений, а ризики для рятувальників високі.

Енергетична інфраструктура України не тільки забезпечує внутрішні потреби, але й впливає на регіональну стабільність. Як транзитна країна, Україна транспортує газ через трубопроводи, такі як "Братство", але з 2025 року контракти з росією завершуються, що змушує шукати альтернативи [21]. Це підкреслює необхідність розвитку власних ресурсів, включаючи видобуток газу на шельфі Чорного моря та розширення атомної енергетики. Запорізька АЕС, окупована з 2022 року, є символом викликів: її безпечна експлуатація вимагає міжнародного нагляду Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ).

У контексті глобальних трендів, таких як перехід до зеленої енергії, Україна має потенціал стати лідером у ВДЕ. Сонячні електростанції в південних регіонах та "вітрові парки" на сході можуть забезпечити експорт "зеленої" електроенергії до ЄС, сприяючи виконанню Паризької угоди. НПЕК передбачає скорочення викидів CO<sub>2</sub> на 65% до 2030 року, що потребує інвестицій у Smart Grid та зберігання енергії [16, 17]. Smart Grid («інтелектуальні мережі») – це модернізовані мережі електропостачання, які використовують інформаційні технології для збору інформації про енерговиробництво й енергоспоживання. На практиці це дозволяє автоматично підвищувати ефективність, надійність, економічну вигоду, а також стійкість виробництва й розподілу енергії в режимі реального часу [23]. Однак війна гальмує ці процеси, тому, відповідно, інвестори вагаються через можливі ризики та пошкодження інфраструктури через, що відтермінують майбутні проекти.

Необхідність енергетичної інфраструктури також пов'язана з демографічними та екологічними аспектами. Урбанізовані регіони, такі як Київ, Харків та Одеса, споживають левову частку енергії, тому перебої впливають на мільйони. Екологічні наслідки атак

включають забруднення від пожеж на ТЕС, що загрожує здоров'ю населення. Забезпечення стійкості потребує інтеграції сучасних технологій, таких як БПЛА для моніторингу ситуації та робототехніки для безпеки особового складу.

У висновку, енергетична інфраструктура України є життєвоважливою для виживання країни та її населення в умовах війни. Її забезпечення вимагає комплексного підходу: від технічної модернізації до міжнародної співпраці. Особливості, такі як вразливість до атак, підкреслюють необхідність посилення пожежної безпеки та адаптації до воєнних реалій. Тому це дослідження фокусується на ліквідації пожеж на таких об'єктах, аналізуючи тактику дій особового складу пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України.

**Мета дослідження** – здійснити комплексний аналіз небезпек на об'єктах енергетичної інфраструктури України в умовах воєнних дій, з урахуванням основних характеристик цих об'єктів, таких як їх критична роль у забезпеченні національної безпеки, економічної стабільності та соціального добробуту, а також потенційних небезпек, пов'язаних з пошкодженнями від обстрілів; розглянути тактику дій особового складу пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України під час гасіння таких пожеж, використання спеціалізованого обладнання, адаптацію до обмеженого доступу та ризиків для безпеки; визначити ключові виклики; надати пропозиції для підвищення ефективності.

#### **Методологія дослідження**

Дослідження ґрунтується на комплексному аналітичному підході, спрямованому на вивчення особливостей ліквідації пожеж на об'єктах енергетичної інфраструктури України в умовах воєнних дій, оцінку тактики дій особового складу пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України, визначення ключових викликів та розробку пропозицій щодо підвищення ефективності роботи. Основним методом є аналіз первинних і вторинних джерел інформації.

Застосовується також метод систематизації та узагальнення інформації для оцінки небезпек, пов'язаних із пошкодженнями інфраструктури від обстрілів, вибухами палива, токсичними викидами та обмеженим доступом до об'єктів у зонах бойових дій.

#### **Результати**

На даний час експлуатуються і будуються теплові, гідроелектростанції, атомні, сонячні та вітрові електростанції, які об'єднанні в єдину енергетичну систему з загальним режимом і безперервністю процесу виробництва і розподілу електроенергії. Найбільш розповсюдженим з них є теплові турбінні електростанції. Вони мають розвинуте паливне господарство: склади вугілля, торфу, мазуту, газові комунікації, відділення підготовки палива до спалювання (подрібнення вугілля до пилу, підігрівання мазуту), котлоагрегати, де спалюють паливо і отримують пару під тиском до 130 атмосфер і температурою до 560°C і більше. Пару подають на турбогенератори, де виробляється електричний струм, який по дротах або шинах передається на розподільчі пристрої або безпосередньо на підвищуючі трансформатори, а потім розподіляється по лініях дальніх електропередач.

Агрегати і установки енергетичних підприємств розміщують у спеціально спроектованих будівлях I і II ступенів вогнестійкості. В головному корпусі електростанцій розміщують котельний цех, машинний зал, службові приміщення. В цьому ж корпусі або на невеликій відстані від нього розташовують головний щит управління і розподільчі пристрої генераторної напруги. Закриті або відкриті розподільчі пристрої високої напруги (35, 110, 220, 550 кВ) розташовують окремо від головного корпусу.

Машинні зали сучасних електростанцій мають довжину понад 200 м, висоту – 30-40 м, а прольоти 30-50 м. Висота котельного цеху може досягти 80 м.

Машинні зали мають велике навантаження у вигляді машинного масла, систем замазки генераторів, а також електроізоляції обмоток генераторів та іншої електроапаратури і пристроїв. Турбогенератори в машинних залах розташовують на спеціальних майданчиках висотою 8-10 м і більше від нульової відмітки. Система змазки генераторів складається з ємності з маслом місткістю 10-15 тонн, розташованих на нульовій відмітці, насосів і маслопроводів, де тиск масла може досягнути 14 МПа. При пошкодженні масляних систем, вогонь може швидко розповсюджуватись як по майданчиках, так і на ємності з маслом на

нульовій відмітці. При руйнуванні трубопроводів системи змазки масло під тиском може виходити і утворювати потужний палаючий факел, який створює загрозу деформації і руйнування металевих ферм безгорищного покриття машинного залу та інших металоконструкцій. Під час пожежі в машинному залі за наявності водневого охолодження генераторів можливі вибухи, які призводять до руйнування маслопроводів і розтікання масла по майданчиках і на нульову відмітку, сусідні агрегати, в кабельні тунелі і напівповерхи. В умовах пожежі створюють загрозу вибуху ємності і трубопроводи під високим тиском.

В котельному цеху електростанцій може знаходитись велика кількість палива. У відділеннях приготування вугільного пилу можливі його вибухи. В котельних цехах також використовують мазут. Відомо, що в мазутопроводах тиск може досягати 30 МПа, температура 120 °С і більше. Тому мазутопроводи прокладають в спеціальних кожухах, міжтрубний простір яких з'єднаний з аварійною ємністю. Але бувають випадки, коли при пошкодженні комунікацій мазут швидко розтікається по підлозі цеху і його пари можуть спалахнути. Вогонь відразу охоплює великі площі і незахищені металеві конструкції та каркас котельних агрегатів деформуються вже через 10-12 хв.

Всі кабельні приміщення енергопідприємств поділяють на напівповерхи, тунелі, канали і галереї. Кабельні галереї і напівповерхи розташовуються в електростанціях, а тунелі і канали на електростанціях та інших енергетичних підприємствах. Кабельні тунелі бувають горизонтальні і похилі, розміром 2х2 метри і більше в перерізі. По довжині їх поділяють на відсіки протипожежними перегородками і дверима. Довжина одного відсіку кабельного тунелю розташованого під будівлею, не повинна перевищувати 40 м, а за межами будівлі 100-150 м. Кожний відсік тунелю повинен мати не менше 2-х люків діаметром 70-90 см, систему вентиляції і каналізацію. В кабельних тунелях пожежне навантаження може досягнути 30-60 кг/м<sup>2</sup>.

Для гасіння пожеж в кабельних приміщеннях їх обладнують стаціонарними водяними і пінними установками, можуть застосовувати водяну пару та інертні гази.

Стаціонарні водяні та пінні установки мають пристосування для подачі вогнегасних засобів від пожежних машин.

Пожежі в кабельних тунелях супроводжуються високою температурою, розльотом іскор розплавленого металу при короткому замиканні, великою швидкістю розповсюдження вогню і диму. В горизонтальних кабельних тунелях лінійна швидкість розповсюдження вогню по кабелях при знятій напрузі становить 0,15-0,3, під напругою – 0,5-0,8, а в кабельних напівповерхах по кабелях під напругою – 0,2-0,8 м/хв. Швидкість росту температури в кабельних приміщеннях становить 35-50°С за хвилину.

В тунелях з маслонаповненими кабелями крім ізоляції може горіти трансформаторне масло, яке знаходиться в трубах при температурі 35-40°С і надлишковому тиску. В цих тунелях, особливо при аваріях, палаюче масло швидко розтікається по схилу, що значно збільшує площу пожежі.

Пожежі кабельних приміщень можуть розповсюджуватись в будівлю і розподільчі пристрої енергопідприємств.

Пожежі на підстанціях можуть виникати на трансформаторах, масляних вимикачах і в кабельному господарстві. Великі районні підстанції мають спеціальні масляні станції, де знаходиться велика кількість трансформаторного масла.

Трансформатори і вимикачі розподільчих пристроїв ставлять на фундаменти, під якими розташовують маслоприймачі, які з'єднуються з аварійними ємностями. Кожний трансформатор розташовують в окремій камері, які з'єднуються отворами з приміщенням розподільчого щита і кабельними каналами.

Особливості розвитку пожеж трансформаторів залежить від місця її виникнення. При короткому замиканні в результаті дії електричної дуги на трансформаторне масло і розкладання його на горючі гази можуть статись вибухи, які руйнують трансформатори і масляні вимикачі, що призводять до розтікання палаючого масла. Пожежі з камер, де встановлені трансформатори, можуть розповсюдитись в приміщення розподільчого щита і кабельні канали або тунелі, а також створювати загрозу сусіднім установкам і

трансформаторам. Про розміри можливої пожежі можна судити по тому, що в кожному трансформаторі або реакторі міститься до 100 тонн масла.

На гідроелектростанціях підвищуючі трансформатори встановлюють безпосередньо біля будівлі станції, а відкриті розподільчі пристрої підвищеної напруги розташовують ближче до станції, енергія до яких може передаватися по маслонаповнених кабелях, прокладених в тунелях.

На атомних електростанціях, крім вказаних особливостей розвитку пожежі, при аваріях може виникнути горіння рідкометалевого теплоносія (натрій, калій), який при взаємодії з хімічними речовинами і звичайними засобами гасіння підвищує температуру горіння, виділяє токсичні гази або супроводжується вибухами. На території атомних електростанцій може виникнути небезпечний рівень радіації.

Реакторне відділення складається з двох частин: негерметичної частини (оббудова) і герметичної оболонки. Оббудова в плані займає площу 66 x 66 метрів навколо циліндричної конструкції – гермооболонки з внутрішнім діаметром 45 метрів. В оббудові розміщено пристрої газовидалення з води систем підживлення першого контуру, баки запасу технічної води, фільтри, обладнання витяжної і припливного вентиляційних центрів, протипожежні системи, електрообладнання технологічних систем, систем управління, контролю і захисту енергоблока, транспортні шляхи. В фундаментній частині оббудови до глибини 4 метри розміщено системи аварійного охолодження зони, баки, теплообмінники та частина обладнання проміжного контуру, системи підживлення – продувки і організованих протікань, інше технологічне обладнання.

Головний корпус АЕС включає реакторне відділення, машинний зал, деаераторну етажерку й етажерку електротехнічних пристроїв, що примикає до машинного залу. У даний час використовується принцип модульної компоновки: кожен енергоблок розміщується в окремій будівлі, що забезпечує можливість поточного будівництва атомних електростанцій потужністю 4-6 млн кВт. Реакторне відділення являє собою самостійний об'єм і складається з герметичної частини – оболонки і негерметичного оббудовування. Захисна герметична оболонка водо-водяного енергетичного реактора – це циліндр з внутрішнім діаметром 45 м з куполоподібним верхом (перекриттям). Оболонка є заздалегідь напруженою монолітною залізобетонною конструкцією з металевим облицьовуванням всередині з вуглецевої сталі завтовшки 8 мм. Товщина стінки циліндра 1,20 м, купола – 1,10 м. Відмітка купола 66,55 м, об'єм робочого простору біля 70000 м<sup>3</sup>.

З погляду безпеки герметична оболонка є третім бар'єром, що захищає населення від наслідків аварії (першим бар'єром є оболонка тепловиділяючих елементів (твелів), другим – межа першого контуру). У нормальному режимі роботи оболонка оберігає реактор і його контур охолодження від зовнішніх дій і є захисним екраном від випромінень активної зони реактора.

В аномальних або аварійних умовах оболонка повинна знизити радіологічну дію в межах майданчика до допустимих доз опромінювання. Для зниження аварійного тиску пароповітряної суміші у разі розриву головного циркуляційного трубопроводу в приміщеннях герметичної оболонки використовуються спеціальні спринклерні системи. Враховуючи значення герметичної оболонки, перед пуском АЕС, під час першої зупинки реактора для завантаження паливом і потім раз на десять років проводять її випробування на механічну міцність і герметичність, піддаючи її внутрішньому надмірному тиску 0,46 МПа (1,15 від розрахункового).

Слід пам'ятати, що пожежі на електростанціях і підстанціях можуть призвести до зупинки не лише енергетичного об'єкта, але й інших господарських об'єктів внаслідок відсутності електроенергії.

Всі електростанції і підстанції забезпечуються надійною системою аварійного захисту і сигналізації. При виникненні пожеж пошкоджене обладнання і апарати автоматично відключаються пристроями релейного захисту.

Гасіння пожеж, дотримання правил безпеки праці і взаємодія з черговим персоналом об'єкта визначені Статутом дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, Інструкцією з гасіння пожеж на енергетичних об'єктах України та іншими керівними документами.

Успішне гасіння пожеж на об'єктах енергетики залежить від заздалегідь проведеної підготовки. Весь начальницький склад, який залучатиметься до гасіння, повинен ретельно вивчити оперативні-тактичні особливості і разом з особовим складом всіх караулів не рідше одного разу в рік проходити спеціальний інструктаж під керівництвом інженерно-технічного персоналу енергооб'єкта за заздалегідь розробленою програмою.

На теплові, атомні та гідроелектростанції потужністю 20 МВт і більше, газотурбінні та дизельні потужністю 10 МВт, а також на підстанції з напругою 110 кВ і більше розробляються оперативні картки гасіння пожеж (ОКГП), в яких визначені дії персоналу енергетичного об'єкта при виникненні пожеж і порядок взаємодії з особовим складом пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України, а також особливості використання сил і засобів підрозділів з врахуванням безпеки праці. ОКГП пожеж складають працівники пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України разом з працівниками енергооб'єкта, розглядають і затверджують начальник гарнізону і директор енергопідприємства і вивчають з усім черговим персоналом об'єкта і начальницьким складом гарнізону.

Для керівника гасіння пожежі (КГП) розробляють конкретні рекомендації з гасіння пожеж на котельних установках, генераторах, трансформаторах, в кабельних приміщеннях та інших найбільш небезпечних місцях і включають в ОКГП.

Для чергового персоналу розробляють ОКГП для кожного відсіку кабельних приміщень, генератора, трансформатора, які затверджує головний інженер. В ОКГП вказують порядок виклику, зустрічі та забезпечення безпечної роботи пожежних підрозділів з гасіння, операції з відключення і зняття напруги з агрегатів і установок, приведення в дію стаціонарних систем гасіння пожеж та інші питання із забезпечення гасіння.

Особливо детально розробляють порядок дій чергового персоналу і підрозділів оперативно-рятувальної служби під час гасіння пожеж на установках без зняття напруги. В графічній частині планів обов'язково вказують відповідними знаками місця під'єднання гнучких заземлювачів до заземлених конструкцій, а також оперативні позиції пожежних з урахуванням безпечних відстаней до конкретної установки.

На кожному енергопідприємстві зберігають необхідну кількість діелектричного взуття, рукавиць і заземлюючих пристроїв. Визначають порядок їх видачі прибуваючим підрозділам і надання їм допомоги із заземлення пожежної техніки і перевірки надійного заземлення. Заземлювачі повинні бути виконані з гнучких мідних дротів січенням не менше 16 мм<sup>2</sup> і мати струбцини для підключення до заземлених конструкцій.

Старший начальник прибулих пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України негайно зв'язується зі старшим по зміні і отримує від нього необхідні відомості про пожежу. Старший технічного персоналу або оперативної виїзної бригади проводить з особовим складом підрозділів інструктаж і видає письмовий дозвіл на гасіння. На місці пожежі персонал встановлює і позначає показниками зону, де можуть проводити оперативні дії пожежні підрозділи.

В дозволі на проведення гасіння пожежі вказують назву об'єкта, місце проведення гасіння, які установки дозволяється гасити, з якого обладнання знята напруга, а з якого ні, місця їх розташування і максимальна напруга, дата і час видачі дозволу.

Якщо пожежа виникла на енергетичному об'єкті, де передбачений черговий персонал, то оперативні дії проводяться до прибуття обслуговуючого персоналу за заздалегідь розробленими і узгодженими оперативними документами.

При пожежі на енергооб'єктах незалежно від кількості прибулих підрозділів організується штаб пожежогасіння, в склад якого обов'язково входить старший представник адміністрації енергопідприємства.

Всі оперативні дії пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України проводяться з урахуванням вказівок представників адміністрації або оперативної виїзної бригади. В свою чергу, старший з інженерно-технічного персоналу узгоджує свої дії з КГП та інформує його про зміни в роботі електрообладнання.

Розвідку пожежі організують і проводять декількома розвідувальними групами в різних напрямках. Групи розвідки газодимозахисників доцільно створювати в складі 4-5

чоловік під керівництвом осіб начальницького складу. Обов'язково організуються контрольні-пропускні пункти і резервні ланки.

При розвідці пожежі необхідно постійно підтримувати зв'язок зі старшим по зміні енергооб'єкта. Крім загальних задач в розвідці визначають: які стаціонарні системи доцільно привести в дію; можливість вибуху і розтікання горючих рідин; ділянки і приміщення, де перебування і дія пожежних неможлива; робота яких агрегатів може сприяти розповсюдженню вогню і продуктів згорання; які установки і апарати будуть небезпечні для пожежних під час гасіння; наявність і горіння рідкометалевого теплоносія, а також небезпечних рівнів радіації і яких заходів безпеки слід дотримуватись особовому складу під час гасіння та ін. В ході розвідки особовому складу входити в приміщення, де є установки під високою напругою, дозволяється лише після узгодження дій з черговим персоналом. Під час гасіння, розвідку необхідно проводити в приміщеннях головного пункту управління і релейних пунктів.

Під час гасіння пожеж на енергооб'єктах слід суворо дотримуватись такого правила: якщо про відключення електрообладнання або кабелі не вказано у дозволі на гасіння, то їх вважають під напругою.

Гасіння пожеж на енергооб'єктах може проводитись, за умови отримання письмового допуску за встановленою формою на гасіння пожежі та (або) ліквідацію наслідків аварії, зокрема допуску на проведення гасіння пожежі на енергетичному об'єкті, на вимкненому електроустановці, які перебувають під напругою, використовують воду у вигляді компактних струменів зі стволів типу «Б», таких, як РСК-366, РСК-360, РСК-368, за відсутності цих стволів можливе застосування РСК-50, за його наявності, та розпилені струменів з цих стволів, а за відсутності таких стволів можливе застосування РС-70 з насадками НРТ-5, а також негорючі гази, порошки. Подача будь-якої піни ручними засобами при гасінні установок під напругою категорично забороняється. Щоб уникнути ураження струмом, особовий склад не повинен заходити за огороження, де розташовані розподільчі пристрої, апарати під високою напругою.

Відстань від насадок стволів до електрообладнання під напругою визначають з урахуванням питомого опору води, рівного 1000 Ом. Сильно забруднена і морська вода має менший опір, тому застосовувати її для гасіння обладнання під напругою забороняється. Гасіння невеликих пожеж на електроустановках під напругою можна здійснювати за допомогою ручних і пересувних вуглекислотних вогнегасників.

Одночасно з організацією розвідки по прибутті КГП узгоджує з черговим персоналом маршрут просування до пожежі і визначає оперативні позиції ствольників. Після цього КГП інструктує особовий склад і дає розпорядження на оперативне розгортання. Оперативне розгортання проводиться в такому порядку: КГП визначає розстановку сил і засобів з урахуванням обстановки і маршрутів слідування, позиції ствольників і місця заземлення стволів і машин; ствольники заземлюють стволи приєднанням струбцин і ручних заземлювачів до стаціонарного контура заземлення і виходять на оперативні позиції, підствольники прокладають рукавні лінії по вказаних маршрутах; водії пожежних машин заземлюють насоси приєднанням заземлювачів до стаціонарного контура заземлення або до заземлених конструкцій (гідрантів, опори ліній електропередач та ін.); командири відділень слідкують за якістю виконання перерахованих робіт і доповідають КГП. КГП перевіряє правильність виконання цих робіт і дає команду на подачу вогнегасних речовин.

Роботи по згортанню сил і засобів після ліквідації пожежі проводять у зворотному порядку: припиняють подачу вогнегасних речовин; від'єднують заземлення; пожежні виходять з оперативних позицій по встановленому маршруту і прибирають пожежне обладнання.

Гасіння пожеж на електроустановках під напругою у всіх випадках проводиться з дотриманням обов'язкових умов: надійного заземлення стволів і насосів; застосування особовим складом індивідуальних електрозахисних засобів; дотримання мінімальних безпечних відстаней від стволів до обладнання під напругою, застосування відповідних стволів і ефективних вогнегасних засобів.

Гасіння пожеж в машинних залах. Під час виникнення горіння обмоток генераторів з повітряним охолодженням та гідрогенераторів гасіння здійснюють розпиленою водою, яку подають через стаціонарну систему водяного гасіння генератора, що горить, від внутрішнього протипожежного водопроводу або від пожежної техніки, яка прибула на пожежу. Такі пожежі також гасять шляхом заповнення внутрішнього об'єму генератора вуглекислотою від пересувних вуглекислотних установок або використовують водяну пару. Гасіння обмоток генераторів здійснюють вуглекислотою або азотом. Гасіння обмоток генераторів піском або будь-якими пінами не допускається. Якщо генератори з водневим охолодженням в умовах пожежі перебувають у небезпечній зоні, то з них виділяють водень і заповнюють внутрішній об'єм вуглекислотою або азотом. У машинних залах у зоні пожежі зупиняють всі турбіни та генератори і для їх захисту вмикають стаціонарні системи гасіння або подають водяні струмені від пожежної техніки як на захист генераторів, так і щоб запобігти розповсюдженню вогню на мастилопроводи, мастилобаки та конструкції споруд.

Пожежі в машинних залах електростанцій характерні тим, що в багатьох випадках необхідно передбачати подачу стволів на три рівні: на нульовий рівень – для захисту мастилопроводів, мастилобаків, кабельних приміщень та обладнання; на рівень майданчиків турбогенераторів – для гасіння пожежі і охолодження обладнання та конструкцій; на рівень покриття машинного залу – для гасіння та захисту його елементів.

Для гасіння мастила, що витікає із системи охолодження турбогенераторів у вигляді струменя і розливається та горить на нульовому рівні, застосовують воду у вигляді розпилених струменів та повітряно-механічну піну середньої кратності. Одночасно з гасінням подають стволи на захист обладнання, металевих конструкцій покриття машинних залів, мастилобаків, а також для припинення розповсюдження вогню у кабельні та інші суміжні приміщення. Кількість стволів для гасіння пожеж у машинних залах визначають з урахуванням площі горіння та інтенсивності подачі води, яка дорівнює  $0,2 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ . Для захисту мастилобаків використовують розпилені струмені води стаціонарних систем, а за їх відсутності – подають стволи-розпилювачі.

Для гасіння розлитого мастила та мастилобаків використовують повітряно-механічну піну середньої кратності, яку подають від внутрішніх систем для подачі розчину піноутворювача до ГПС-600 або від пожежних машин з інтенсивністю  $0,2 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  за розчином.

Для гасіння покриття машинного залу застосовують стаціонарні та переносні лафетні стволи, а також стволи типу «А» з нижнього боку покриття, а на покритті – стволи типу «А», або стволи типу «Б» компактним струменем, таких, як РСК-366, РСК-360, РСК-368 для подачі яких, у першу чергу, використовують системи сухотрубів.

Гасіння пожеж в мастилогалереях машинних залів гідроелектростанцій здійснюють повітряно-механічною піною, яку подають від стаціонарних автоматичних систем гасіння або від пожежних машин підрозділів ОРС ЦЗ.

Найбільш складна обстановка у машинних залах буває під час вибухів турбогенераторів з водневими системами охолодження генераторів, тому що при цьому виникає багато окремих осередків пожежі.

Гасіння пожеж у кабельних спорудах. Пожежі у кабельних спорудах і особливо в тунелях, як правило, бувають складні та довготривалі і завдають значних матеріальних збитків. Гасіння пожеж у кабельних спорудах здійснюють повітряно-механічною піною середньої кратності та високої кратності, розпиленою водою, водяною парою, вуглекислим газом, що подають у приміщення автоматичними установками пожежогасіння, а також основними пожежними автомобілями підрозділів, що прибувають до місця пожежі.

Стаціонарні установки пінного та водяного гасіння у кабельних тунелях повинні мати пристрої для зовнішнього підключення пожежних машин і подачі розчину змочувача або води в стаціонарні установки до піногенераторів або розпилювачів для гасіння пожежі.

Якщо стаціонарні системи відсутні або вийшли з ладу, гасіння пожеж у кабельних приміщеннях здійснюють пожежно-рятувальні підрозділи за допомогою пожежної техніки. В цих умовах для гасіння пожеж застосовують повітряно-механічну піну (ПМП) середньої та

високої кратності, яку одержують за допомогою піногенераторів типу ГПС, комбінованого ручного ствола із змінною насадкою середньої кратності «226», переносних акумуляторних нагнітачів, типу LEADER BATFAN, із комплектом обладнання для подачі ПМП, також, за відсутності попереднього обланання, можливе використання піногенераторних установок (ПГУ) на базі димовсмоктувачів ДП-7 та ДП-30, у разі їх наявності.

Під час пожеж у кабельних приміщеннях для запобігання швидкому розповсюдженню вогню у сусідні відсіки та приміщення необхідно негайно закрити двері у міжсекційних перегородках та вимкнути систему вентиляції. Для захисту приміщень релейних щитів, щитів управління та кабельних напівповерхів необхідно подати піногенератори ГПС-600, комбіновані ручні ствола із змінною насадкою середньої кратності «226» або, за наявності, стволи з турбінними насадками НРТ-5, НРТ-10.

Способи та прийоми подачі повітряно-механічної піни середньої і високої кратності до відсіків кабельних тунелів залежать від відстані місця горіння до входів або люків у відсіках, їх нахилів, наявності мастилонаповнених кабелів, а також напрямків руху повітря у відсіку, де виникла пожежа (рис. 5). Так, якщо осередок горіння знаходиться між люками, піну подають у той, який ближче до місця горіння, а другий – відкривають для випуску диму. У тих випадках, коли кабельний відсік має три люки або двоє дверей і один люк, піну для гасіння подають до крайніх люків (входів), середній люк відкривають для випуску диму. Якщо кабельний відсік має нахил, то піну доцільно подавати до люка, який розташований вище над зоною горіння, щоб піна краще заповнювала об'єм тунелю. Під час горіння мастила, яке розтікається по схилу відсіку з мастилонаповненими кабелями, піну на гасіння доцільно подавати до люка, який розташований нижче від відсіку, для того, щоб запобігати швидкому розповсюдженню горіння схилом, а другий люк, розташований вище, відкривають для випуску диму.

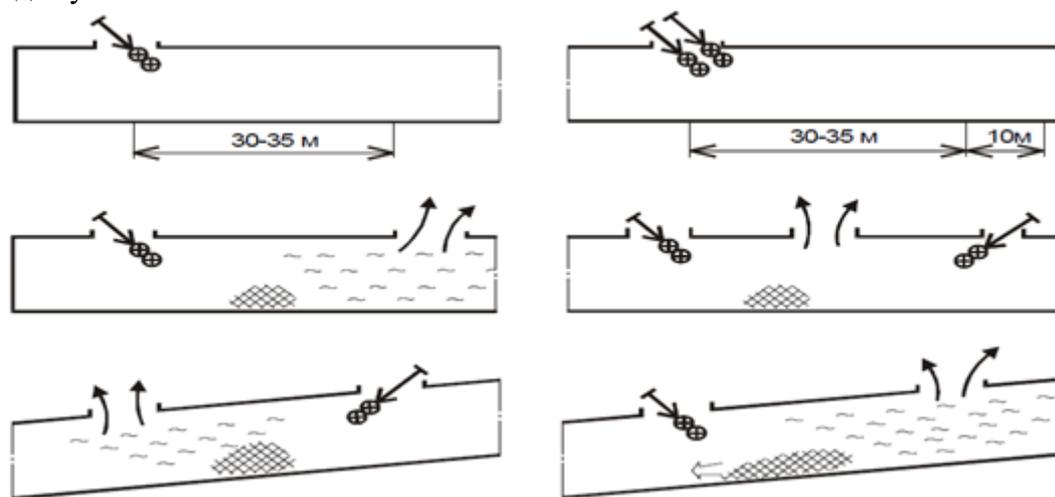


Рисунок 5 – Варіанти подачі піни середньої кратності в відсіках кабельних тунелів

В горизонтальному тунелі з поперечним перерізом 2 x 2 м, як показали дослідження, піна, що подається одним ГПС-600 до його люка за розрахунковий час (15 хв), розтікається на відстань 30-35 м. У тих випадках, коли відстань від місця подачі піни до місця горіння перевищує 30-35 м (відстань, на яку розтікається піна від одного ГПС-600), необхідно до того ж люка ввести додатково 1-2 ГПС-600. Це дозволяє збільшити відстань розтікання піни приблизно на 10 м на кожний додатковий генератор. В деяких випадках, коли відсутні люки у необхідному місці, для подачі піни для гасіння або випуску диму проводять розкриття кабельного тунелю за допомогою інженерної техніки.

Кількість ГПС для гасіння пожеж у кабельних приміщеннях визначається так, як під час гасіння пожеж у підвалах. У тих випадках, коли на місці пожежі зосереджена обмежена кількість сил і засобів, нормативний час гасіння пожежі визначають 15 хв, а при достатній їх кількості – 10 хв. Це вказує на те, що об'єм піни для гасіння дорівнює 3-3,5 об'ємам кабельного приміщення або відсіку.

Для гасіння пожеж у кабельних приміщеннях ефективно застосовують повітряно-механічну піну високої кратності, яку одержують від піногенераторних установок (ПГУ). Ця піна краще розтікається кабельними приміщеннями або відсіками. Якщо висота подачі піни через люки дорівнює 3 м, вона розтікається горизонтальним кабельним тунелем від ПГУ на базі ДП-7 до 60 м, а від ПГУ на базі ДП-30 – до 160 м. Інтенсивність подачі високократної піни за розчином піноутворювача дорівнює  $0,6 \text{ л}/(\text{м}^3 \cdot \text{хв})$ . Кількість ПГУ для гасіння пожеж у кабельних приміщеннях визначаються так, як для гасіння пожеж у підвалах.

Якщо кабельні тунелі не поділені на відсіки, то під час пожеж в них піну подають, насамперед, до люків, що розташовані по обидва боки від місця горіння, а в наступні за ними люки подають резервні ГПС (ПГУ). Після цього вводять обчислену кількість ГПС (ПГУ) до люків або отворів, що розташовані у зоні пожежі.

Для кращого заповнення кабельних приміщень піною необхідно забезпечити випуск диму та нагрітого повітря через люки або отвори. Для збільшення відстані розтікання піни кабельним тунелем можна використовувати димовсмоктувачі, якими одночасно не тільки видаляють дим, а й сприяють кращому розтіканню піни.

Під час гасіння пожеж в об'ємах кабельних приміщень піною середньої та високої кратності ГПС або ПГУ заздалегідь закріплюють у місця подачі піни, а потім заземлюють їх та насоси пожежних автомобілів, перевіряють надійність заземлення і тільки тоді подають піну. Якщо піну подають через дверні прорізи, ГПС закріплюють у верхній його частині. Після заземлення ГПС (ПГУ) та насосів пожежних машин, від яких подають розчин піноутворювача, увесь особовий склад видаляють в безпечне місце, встановлюють нагляд за подачею піни та її якістю. Водії пожежних машин, що подають піну, повинні бути в діелектричних ботах (чоботах) та рукавицях. Після заповнення приміщення, де виникла пожежа, піною продовжують її подавати ще протягом 7-8 хв для повного гасіння окремих місць горіння та швидкого охолодження відсіків кабельного тунелю.

При використанні для гасіння пожеж у кабельних приміщеннях тонкорозпиленої води інтенсивність її подачі становить  $0,2 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ . Під час гасіння пожеж у вертикальних кабельних каналах і тунелях ефективною є подача ручних комбінованих стволів з розпиленням струменем на 3 та 4 позиції, або за їх відсутності, стволів із насадками НРТ-5 або НРТ-10, а кут розпилення дозволяє змочувати поверхню по всьому поперечному перерізу тунелю.

Гасіння трансформаторів мастильних вимикачів. Під час виникнення пожеж на трансформаторах, реакторах та мастильних вимикачах їх негайно вимикають з усіх боків та надійно заземлюють. Під час розвинених пожеж одночасно організовують захист від високої температури сусідніх трансформаторів, реакторів, мастильних вимикачів, а також металевих опор та іншого обладнання. Гасіння та охолодження трансформаторів здійснюють тільки після зняття напруги, заземлення насосів пожежних машин та стволів.

Для гасіння трансформаторного мастила застосовують повітряно-механічну піну низької та середньої кратності з інтенсивністю її подачі за розчином піноутворювача  $0,15-0,2 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ , а також тонкорозпилену воду з інтенсивністю подачі  $0,1 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ , ручних комбінованих стволів з розпиленням струменем на 3 та 4 позиції або за їх відсутності, стволи із насадками НРТ. В першу чергу використовують стаціонарні установки пінного та водяного гасіння.

Під час горіння мастила над кришкою трансформатора, коли нижче неї мастильний бак не пошкоджений, на гасіння подають один-два ручних комбінованих стволи з розпиленням струменем на 3 та 4 позиції, або за їх відсутності, стволи з насадками НРТ-5, які забезпечують оптимальні витрати води при інтенсивності її подачі  $0,2-0,4 \text{ л}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ . У тих випадках, коли розширювальний бачок на трансформаторі потрапляє у полум'я, він може деформуватись і з нього прол'ється мастило, яке буде горіти. В цих умовах необхідно частину мастила (приблизно 10 % від об'єму мастила у трансформаторі), злити в аварійну ємність. Більше мастила із трансформатора або реактора зливати забороняється, тому що це може призвести до пошкодження внутрішніх обмоток та ускладнити пожежу.

Складна пожежна обстановка може виникати тоді, коли пожежа почалася з вибуху суміші продуктів розкладу мастила з повітрям, внаслідок якої кришка трансформатора зірвана

і мастило горить в ємності трансформатора, так і навколо нього. В цих умовах спочатку необхідно погасити мастило навколо трансформатора розпиленою водою, повітряно-механічною піною низької та середньої кратності або комбінованим способом, тобто розпиленою водою та вогнегасними порошками одночасно. Якщо горіння мастила навколо трансформатора гасять розпиленою водою, то стволи необхідно розміщувати по усьому периметру пожежі рівномірно. Під час гасіння в цих умовах піною або комбінованим способом піногенератори та порошкові стволи розміщують з навітряного боку так, щоб вогнегасні речовини подавались у зону горіння у супутньому потоці повітря.

Гасіння мастила, що горить у баках трансформаторів та реакторів, здійснюють піною середньої кратності, яку подають за допомогою телескопічних пінопідіймачів або висувних драбин, на верхньому коліні яких закріплюють ГПС-600.

Якщо мастильні баки і маслопроводи трансформаторів та реакторів зруйновані, мастило може розтікатись трансформаторними майданчиками, а також потрапляти на сусіднє обладнання. Для запобігання розливу мастила, що горить, у небезпечних напрямках до обладнання та металевих опор ліній електропередачі (ЛЕП) у процесі гасіння пожеж влаштовують вали з землі або піску на шляхах його розтікання, або відводять його канавами у безпечних напрямках за нахилом місцевості. Одночасно розпочинають гасіння мастила і підготовлюють сили та засоби для гасіння трансформатора або реактора, а також подають водяні струмені для охолодження сусідніх трансформаторів та металевих опор з інтенсивністю подачі води, яка дорівнює  $0,5-1,0 \text{ л/м}^2\cdot\text{с}$  на 1 м периметра баків.

#### **Гасіння пожеж на котлоагрегатах**

Оперативні дії з гасіння пожеж у котельних відділеннях зумовлюються наявністю та видом палива. Залежно від палива для гасіння пожеж застосовують воду (компактні та розпилені струмені), повітряно-механічну піну, частіше середньої кратності, та водяну пару. В галереях подачі твердого палива, в агрегатах підготовки його до спалювання та в системах подачі до котлоагрегатів для гасіння, як правило, застосовують воду у вигляді компактних і розпилених струменів з інтенсивністю подачі  $0,1 \text{ л/м}^2\cdot\text{с}$ . Для гасіння розлитого мазуту застосовують розпилені струмені води з інтенсивністю подачі  $0,2 \text{ л/м}^2\cdot\text{с}$ , повітряно-механічну піну середньої кратності з інтенсивністю подачі розчину піноутворювача  $0,05 \text{ л/м}^2\cdot\text{с}$ , а низької кратності – з інтенсивністю  $0,1 \text{ л/м}^2\cdot\text{с}$ .

Під час факельного горіння газу або нагрітого мазуту застосовують розпилені та компактні струмені води для захисту обладнання і одночасно вживають заходів з вимкнення подачі палива на аварійних ділянках та зливу мазуту в аварійні ємності. При цьому необхідно особливо інтенсивно охолоджувати металеві конструкції будівель та котлоагрегатів у місцях, де полум'я діє на них.

Гасіння пожеж на АЕС з водно-водяними енергетичними реакторами (ВВЕР).

При організації гасіння пожеж на АЕС необхідно враховувати ту особливість, що найбільш складна обстановка може створюватися в приміщеннях контрольованої зони і гермооболонки, де встановлені маслосистеми і маслобаки головних циркуляційних насосів (ГЦН). Наявність великої кількості масла і розгалуженої мережі маслотрубопроводів створює сприятливі умови для розвитку пожежі, що супроводжується внаслідок недостатнього повітрообміну, наявністю сильного задимлення і високою середньооб'ємною температурою. На шляхах поширення горіння можливий вихід з ладу силових і контрольних кабелів, комутаційної арматури та іншого обладнання.

Обстановка на пожежі характеризується наявністю токсичних і радіоактивних речовин в продуктах горіння і іонізуючого випромінювання. Всі роботи з гасіння пожеж можна проводити лише з використанням засобів індивідуального захисту органів дихання і при безперервному проведенні дозиметричного контролю. Для цього необхідно створювати резерв ланок газодимозахисної служби (ГДЗС), для їх періодичної заміни. При пожежах в електротехнічних приміщеннях неконтрольованої зони можливий вихід з ладу систем контролю, управління і захисту реакторної установки, що може призвести до аварійної

зупинки реактора. Вибір напрямку введення сил і засобів на гасіння пожеж необхідно погоджувати з начальником зміни станції.

У цій роботі представлено вивчений досвід реальних кейсів з реагування особового складу пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС України на пожежі, що виникли на території об'єктів енергетики, а саме, в даному випадку, гасіння маслобака на 1-му блоці КТЦ та загорання на площі 100 м<sup>2</sup> з подальшим розливом мастила, руйнування перекриття та загорання на 2-му блоці КТЦ на площі 400 м<sup>2</sup> ВП «Бурштинська ТЕС» АТ «ДТЕК Західенерго», двох трансформаторів АТ-2 на площі 150 м<sup>2</sup> та 12-Т другого блоку на площі 100 м<sup>2</sup> ВП «Ладижинська ТЕС» АТ «ДТЕК ЗАХІДЕНЕРГО» та ліквідація займання на площі 1200 м<sup>2</sup> на Зміївській ТЕС ПАТ "ЦЕНТРЕНЕРГО".

Усі ці займання виникли внаслідок ракетних обстрілів країною агресором та характеризувалися щільним задимленням, займанням розлитого мастила та покрівлі. У реаліях сьогодення, особовий склад пожежно-рятувальних підрозділів стикається із додатковими загрозами під час ліквідації пожеж через наявність повторних ракетних ударів та ударів БпЛА. Основні особливості для гасіння пожеж умовах воєнного стану викладені нижче.

Реагування на пожежі об'єктів енергетики підрозділи ДСНС України здійснюють:

- у населених пунктах і на територіях, підконтрольних Україні;
- якщо немає загрози життю і здоров'ю особового складу;
- у взаємодії з підрозділами Збройних Сил України (ЗСУ), у тому числі територіальної оборони, правоохоронними органами, військовими адміністраціями та місцевими органами влади;
- у супроводі за можливості саперного підрозділу ЗСУ, у тому числі територіальної оборони, правоохоронних органів або піротехнічного підрозділу ДСНС України.

Після припинення у районі (місці) обстрілів та погодження з уповноваженими представниками підрозділів ЗСУ, територіальної оборони чи правоохоронних органів першочергово до місця виклику доцільно скерувати один оперативний розрахунок для оцінки обстановки та після отримання інформації приймати рішення щодо скерування основних сил і засобів для гасіння пожежі.

У разі загрози життю і здоров'ю особового складу виїзд сил та засобів до місця події здійснюється після припинення в зазначеному районі обстрілів та погодження з уповноваженими представниками підрозділів ЗСУ, територіальної оборони чи правоохоронних органів.

Залежно від віддаленості місця проведення робіт, за рішенням керівника підрозділу, особовий склад і техніка можуть перебувати в готовності до виїзду у пункті постійної дислокації або здійснити висування до найближчих безпечних районів. Про ситуацію та прийняте рішення керівник підрозділу негайно доповідає до територіального органу ДСНС України.

Слідування підрозділу ДСНС України до місця проведення робіт здійснюється безпечним маршрутом та у засобах індивідуального захисту від куль, осколків, холодної зброї: бронежилеті та шоломі. У разі непередбаченої зміни оперативної обстановки використовується завчасно визначений запасний маршрут.

З моменту виїзду і до повернення в пункт постійної дислокації старший колони (машини) підтримує зв'язок з диспетчером ОКЦ або оператором та проводить оцінку обстановки на маршруті слідування. Техніка має рухатися на максимальній, але безпечній швидкості та з дотриманням збільшеної до 100 м дистанції між машинами.

Після прибуття підрозділу ДСНС України до місця пожежі старша посадова особа підрозділу ДСНС України:

- призначає відповідальну особу для взаємодії та підтримання постійного зв'язку з представниками підрозділів ЗСУ, територіальної оборони чи правоохоронних органів з питань моніторингу безпекової ситуації з повітря;
- визначає сигнали і способи оповіщення особового складу про небезпеку;
- визначає безпечні місця для розстановки техніки (на закритій території за можливості на безпечній відстані від будівель і споруд);

- визначає шляхи евакуації та місце збору сил і засобів у разі раптового погіршення оперативної обстановки, що може призвести до виникнення загрози життю та здоров'ю особового складу;

- визначає можливі укриття для особового складу на випадок обстрілу;

- встановлює наявність вибухонебезпечних предметів (ВНП) на місці проведення робіт, а у разі їх виявлення вживає додаткових заходів безпеки для особового складу, обмеження його доступу до замінованих територій та викликає піротехнічний підрозділ.

З прибуттям підрозділів до місця пожежі керівникам гасіння пожежі провести розвідку щодо наявності вибухонебезпечних предметів, що могли лишитися після обстрілів, визначити можливі укриття для особового складу на випадок повторних обстрілів.

Керівник підрозділу ДСНС України (відповідальний) уточнює обстановку у відповідних підрозділах ЗСУ, територіальної оборони, правоохоронних органах щодо небезпеки повітряних атак, артобстрілів або ведення оперативних дій на місці пожежі та приймає рішення щодо висування підпорядкованих сил і засобів до місця виклику.

За можливості уточнює у представників підрозділів ЗСУ, територіальної оборони чи правоохоронних органів, що охороняють об'єкт, про проведену розвідку на наявність вибухонебезпечних предметів, у тому числі застосування ворогом засобів дистанційного мінування.

Під час організації заходів з оперативного реагування на пожежі органи управління та керівний склад підрозділів ДСНС України здійснюють постійний обмін інформацією з підрозділами ЗСУ, у тому числі територіальної оборони, правоохоронними органами, військовими адміністраціями та місцевими органами влади у визначених зонах відповідальності щодо:

- підконтрольності населених пунктів і територій;

- загальної ситуації в населених пунктах і територіях;

- уточнення районів (місць) ведення можливих обстрілів та види озброєння, що ймовірно можуть бути застосовані (ракети, авіаційні та артилерійські засоби ураження, стрілецька зброя, мінування території);

- можливості залучення підрозділів ДСНС України до виконання завдань за призначенням у населених пунктах і на територіях;

- уточнення безпечних маршрутів (основний і запасний) пересування підрозділів ДСНС України до районів (місць) виконання завдань за призначенням;

- взаємодії підрозділів ДСНС України з підрозділами Збройних Сил України, у тому числі територіальної оборони, правоохоронними органами, військовими адміністраціями та місцевими органами влади під час реагування на НС, пожежі, небезпечні події та проведення інших невідкладних робіт.

Для управління силами і засобами утворити штаб на пожежі, який буде здійснювати постійний контроль загрози повторних обстрілів та вживати заходи щодо недопущення травмування особового складу від вибухонебезпечних уламків боєприпасів, які могли залишитися після обстрілів. У разі загрози повторних обстрілів оперативні дії припинити, а особовий склад і техніку організовано відвести в безпечне місце, або до пунктів постійної дислокації. В окремих випадках гасіння пожеж не проводилося через постійні обстріли та смертельну загрозу для особового складу. Для управління силами і засобами, за рішенням КГП утворюється штаб на пожежі. У разі необхідності, за рішенням територіального органу управління ДСНС України може розгортатися пересувний пункт управління.

До роботи у штабі можуть залучатися за їх згодою представники підрозділів ЗСУ, територіальної оборони та правоохоронних органів для координації заходів пов'язаних із забезпеченням безпеки учасників гасіння пожежі.

Керівник гасіння пожежі поряд із вирішенням основних завдань пов'язаних з організацією оперативних дій постійно тримає на контролі питання, пов'язані із загрозою повторних обстрілів та небезпекою від детонації виявлених вибухових предметів. У разі погіршення ситуації невідкладно вживає заходів щодо відведення та укриття особового

складу. Про обстановку доповідає до ОКЦ. На місці події невідкладно організовується моніторинг безпекової ситуації. Для цього спостерігач негайно встановлює та підтримує постійний зв'язок з представниками підрозділів ЗСУ, територіальної оборони чи правоохоронних органів.

У разі отримання повідомлення про повітряну небезпеку, або за вказівкою старшої посадової особи підрозділу ДСНС України про загрозу детонації виявлених вибухових предметів подає встановленим порядком сигнал оповіщення для екстреного відводу особового складу і техніки із району (місця) у завчасно визначені місця збору та укриття.

Під час гасіння пожеж на об'єктах енергетики, що виникли внаслідок зовнішнього впливу бойових засобів ураження, необхідно враховувати ряд додаткових факторів, а саме:

- можливість повторних обстрілів об'єкта та місць дислокації сил і засобів ДСНС України;

- можливість одночасного пошкодження будівлі головного корпусу та відкритих електричних установок;

- затримка виїзду сил і засобів ДСНС України у зв'язку із обстрілами території об'єкта енергетики;

- можливість тимчасового призупинення оперативних дій під час гасіння пожежі для відведення та укриття особового складу внаслідок загрози обстрілу;

- відсутність тиску в мережі протипожежного водопроводу через ураження електричних і водопровідних мереж, пошкодження насосного обладнання;

- можливе руйнування пожежних водойм і резервуарів із запасом води для пожежогасіння та місць зберігання запасу піноутворювача;

- забруднення території боєприпасами, що не вибухнули та їх вибухонебезпечними уламками;

- можлива відсутність обслуговуючого персоналу на об'єкті енергетики через загрозу обстрілу, або їх укриття у захисних спорудах.

Використання засобів зв'язку під час управління силами і засобами на пожежі погоджується з військовою адміністрацією. Категорично забороняється самовільно здійснювати фото і відео фіксацію наслідків обстрілу об'єкта. У разі виконання підрозділами ДСНС України завдань за призначенням за межами пунктів постійної дислокації, обмежується контакт особового складу з місцевим населенням. Уточнення інформації здійснюється через представників ЗСУ, територіальної оборони, правоохоронних органів або місцевих органів влади.

Якщо підрозділ ДСНС України під час виконання завдань за призначенням, потрапив під обстріл, старша посадова особа цього підрозділу вживає заходів щодо негайного відведення особового складу і техніки у безпечний район (місце), а у разі неможливості – організовує укриття особового складу і техніки на місцевості. Про обстановку доповідає до територіального органу ДСНС України та діє з урахуванням його рекомендацій та обстановки.

У разі прийняття рішення про припинення гасіння пожежі та відведення сил і засобів через загрозу обстрілу, керівник гасіння пожежі інформує про прийняте рішення представників об'єкта, підрозділів ЗСУ, територіальної оборони та правоохоронних органів. Після зняття загрози, КГП повторно залучає необхідну кількість сил та засобів для продовження гасіння пожежі.

Енергетична інфраструктура України, включаючи теплові, атомні, гідроелектростанції, а також сонячні та вітрові електростанції, об'єднані в єдину енергетичну систему, відіграє ключову роль у забезпеченні національної безпеки та економічної стабільності. Проте в умовах воєнного стану ці об'єкти зазнають значних ризиків через обстріли, що призводять до пошкоджень, вибухів і пожеж, ускладнених високими температурами (до 560°C у котлоагрегатах), розтіканням палаючих рідин (масло, мазут) та можливими радіаційними загрозами на атомних електростанціях. Специфіка таких об'єктів, як великі машинні зали (довжиною понад 200 м, висотою 30-40 м), котельні цехи (висотою до 80 м), кабельні тунелі (2x2 м із пожежним навантаженням 30-60 кг/м<sup>2</sup>) та трансформаторні майданчики (з маслами до

100 т), вимагає адаптованих підходів до гасіння пожеж і пошукових робіт. У воєнних умовах додаткові виклики включають загрозу повторних обстрілів, наявність вибухонебезпечних предметів (ВНП), обмежений доступ до об'єктів і необхідність координації з Збройними Силами України (ЗСУ). Особливо ускладнює ситуацію сильне задимлення в закритих приміщеннях, таких як кабельні тунелі чи машинні зали, де безпілотні літальні апарати втрачають ефективність через обмежену видимість і турбулентність. Для підвищення безпеки особового складу Державної служби України з надзвичайних ситуацій та ефективності операцій пропонується комплексне використання БПЛА для зовнішніх зон і наземної робототехніки для задимлених приміщень, з урахуванням специфіки енергетичних об'єктів та воєнних реалій.

### **Висновки**

Для зовнішньої розвідки та моніторингу пожеж на відкритих ділянках енергетичних об'єктів, таких як відкриті розподільчі пристрої високої напруги (35-550 кВ) або трансформаторні майданчики, пропонується використовувати БПЛА, оснащені термокамерами, інфрачервоними сенсорами та датчиками радіації, наприклад, моделі на базі DJI Matrice 300 RTK. Такі БПЛА здатні виявляти осередки пожеж, розтікання палаючого мастила (ємності до 100 т), зони з високою температурою чи вибухонебезпечними газами (наприклад, від водневого охолодження генераторів), а також оцінювати радіаційні ризики на АЕС. У воєнних умовах БПЛА дозволяють проводити розвідку без фізичного входу рятувальників у небезпечні зони, моніторити повітряний простір на предмет повторних обстрілів і виявляти ВНП за допомогою магнітометрів. Час розвідки становить 5-10 хвилин, а дані передаються в реальному часі до КПП, що сприяє швидкому визначенню безпечних маршрутів і укриття для особового складу. Використання БПЛА з програмним забезпеченням, що використовує штучний інтелект (ШІ) для обробки теплових карт підвищує точність оцінки обстановки, дозволяючи уникнути ризиків, пов'язаних із високими температурами чи вибухами.

Для гасіння вогнегасними засобами до відкритих зон пропонується використовувати БПЛА з вантажопідйомністю 2-5 кг, наприклад, модифіковані FPV-дрони. Такі БПЛА можуть скидати вогнегасні засоби у вигляді гранат з інертними газами або порошком для локалізації невеликих осередків на трансформаторних майданчиках чи розподільчих пристроях, де палаюче мастило може розтікатися.

Для гасіння пожеж у задимлених закритих приміщеннях, таких як кабельні тунелі (2x2 м), машинні зали (з маслом 10-15 т під тиском 14 МПа) або котельні цехи (з мазутом під 30 МПа), пропонується впровадити наземні роботизовані системи, наприклад, Thermite EV1, Colossus, Rosenbauer Wolf R1. Ці роботизовані системи оснащуються стволами, камерами та тепловізорами для роботи в умовах сильного задимлення, високих температур і токсичних речовин.

Для пошукових робіт пропонується використовувати наземні роботизовані системи з тепловізорами, сенсорами руху, газоаналізаторами (CO/CO<sub>2</sub>) та радіаційними датчиками. Такі роботизовані системи, як Boston Dynamics Spot, можуть сканувати кабельні тунелі чи машинні зали для пошуку потерпілих, оцінки пошкоджень (наприклад, розтікання мастила) або виявлення ВНП. У зонах із токсичними газами чи радіацією роботи визначають безпечні маршрути для особового складу пожежно-рятувальних підрозділів, замінюючи фізичну розвідку в умовах, де необхідний дозиметричний контроль.

Комбіноване використання БПЛА та роботизованих систем пропонується як єдина система, інтегрована в роботу штабу на пожежі. БПЛА відповідають за зовнішню розвідку та доставку засобів до відкритих зон (трансформатори, розподільчі пристрої), а наземні роботи – за гасіння, пошуки в задимлених приміщеннях та розчищення зони від уламків (тунелі, зали). Такий підхід дозволяє уникнути входу в зони з швидким поширенням вогню або радіацією, а також адаптуватися до можливих повторних обстрілів шляхом дистанційного керування з безпечної відстані.

**Список використаних джерел**

1. IEA. *Ukraine's energy system under attack*. URL: <https://www.iea.org/reports/ukraines-energy-security-and-the-coming-winter/ukraines-energy-system-under-attack>
2. Bucha, M. (2025). *Ukraine's Energy Future: Mapping Opportunities and Challenges for a Sustainable and Decentralised Transition*. Diplomat Magazine. URL: <https://diplomatmagazine.eu/2025/01/05/ukraines-energy-future-mapping-opportunities-and-challenges-for-a-sustainable-and-decentralised-transition/>
3. Prokip, A. (2025). *Ukraine's Energy Sector: Resilience After Three Years of Full-Scale War*. GBV Wilson center. URL: <https://gbv.wilsoncenter.org/blog-post/ukraines-energy-sector-resilience-after-three-years-full-scale-war>
4. COMINDIS Rechtsanwälte. (2025). *Restoration of Ukraine's Energy Infrastructure – Current Status and Outlook*. URL: <https://comindis.com/restoration-of-ukraines-energy-infrastructure/>
5. The Ukrainian Review. (2025) *Energy Security Talks: how the ukrainian energy industry survived the winter and prospects for 2025*. URL: <https://theukrainianreview.info/energy-security-talks-how-the-ukrainian-energy-industry-survived-the-winter-and-prospects-for-2025>
6. DiXi Group. (2025). *Weather conditions, stable operation of nuclear power plants, capacity restoration, and imports helped avoid large-scale blackouts during the heating season – Energy Security Talks*. URL: <https://dixigroup.org/en/weather-conditions-stable-operation-of-nuclear-power-plants-capacity-restoration-and-imports-helped-avoid-large-scale-blackouts-during-the-heating-season-energy-security-talks/>
7. DiXi Group. (2024). *Winter outlook 2024/2025 electricity*. URL: <https://dixigroup.org/en/analytic/winter-outlook-2024-2025-electricity-2/>
8. IEA. (2024). *The upcoming winter will be a critical test*. URL: <https://www.iea.org/reports/ukraines-energy-security-and-the-coming-winter/the-upcoming-winter-will-be-a-critical-test>
9. Wikipedia. *Ukrainian energy crisis*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Ukrainian\\_energy\\_crisis](https://en.wikipedia.org/wiki/Ukrainian_energy_crisis)
10. Sysoiev, M. (2024). *Ukraine: key energy sector developments 2024*. DENTONS. URL: <https://www.dentons.com/en/insights/articles/2024/november/5/ukraine-key-energy-sector-developments-2024>
11. IEA. (2024). *Executive summary*. URL: <https://www.iea.org/reports/ukraines-energy-security-and-the-coming-winter/executive-summary>
12. BDO Ukraine. (2024). *Energy sector in Ukraine and the world: forecasts and challenges*. URL: <https://www.bdo.ua/en-gb/insights-1/information-materials/2024/energy-sector-in-ukraine-and-the-world-forecasts-and-challenges>
13. World Bank Group. (2025). *Updated Ukraine Recovery and Reconstruction Needs Assessment Released*. URL: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2025/02/25/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released>
14. UATOM. (2022). *Окупація Запорізької АЕС – акт міжнародного ядерного тероризму рф*. URL: <https://www.uatom.org/2022/12/30/okupatsiya-zaporizkoyi-aes-akt-mizhnarodnogo-yadernogo-terorizmu-rf.html>
15. ACAPS. (2025). *Ukraine energy infrastructure attacks: updated outlook and impact during the 2024-2025 cold season*. URL: [https://www.acaps.org/fileadmin/Data\\_Product/Main\\_media/20250219\\_ACAPS\\_Ukraine\\_-\\_Energy\\_infrastructure\\_attacks-\\_Updated\\_outlook\\_and\\_impact\\_during\\_the\\_2024-2025\\_cold\\_season\\_.pdf](https://www.acaps.org/fileadmin/Data_Product/Main_media/20250219_ACAPS_Ukraine_-_Energy_infrastructure_attacks-_Updated_outlook_and_impact_during_the_2024-2025_cold_season_.pdf)
16. Bandura, R. & Romanishyn, A. (2025). *Striving for Access, Security, and Sustainability: Ukraine's Transition to a Modern and Decentralized Energy System*. CSIS. URL: <https://www.csis.org/analysis/striving-access-security-and-sustainability>
17. Національний план з енергетики та клімату на період до 2030 року. *Міністерство економіки, довкілля та сільського господарства України*. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від «25» червня 2024 р. № 587-р. URL: <https://me.gov.ua/view/bb0b9ef5-ea96-4b8a-8f2f-471faf32c9df>

18. Український інститут майбутнього (УІМ). (2025). *Перебіг подій в українському енергетичному секторі*. URL: <https://uifuture.org/dajdzhesty/energetychnyy-sektor/>
19. Rasmussen Global. (2025). *Report: Resilience Under Fire: How Ukraine's Energy Sector is Adapting – and What It Means for Europe.* URL: <https://rasmussenglobal.com/report-resilience-under-fire-how-ukraines-energy-sector-is-adapting-and-what-it-means-for-europe/>
20. European Investment Bank Group. (2025). *Ukraine to rebuild infrastructure with support from Ukraine FIRST initiative*. URL: <https://www.eib.org/en/press/all/2025-285-ukraine-to-rebuild-infrastructure-with-support-from-ukraine-first-initiative>
21. U.S. Energy Information Administration (EIA). *Country Analysis Brief: Ukraine*. URL: [https://www.eia.gov/international/content/analysis/countries\\_short/Ukraine/Ukraine.pdf](https://www.eia.gov/international/content/analysis/countries_short/Ukraine/Ukraine.pdf)
22. Рябцев, Г. & Омельченко, В. (2025). *Огляд роботи енергетичного сектору в квітні 2025 р.* Razumkov centre. URL: <https://razumkov.org.ua/images/2025/05/12/2025-ENERGY-MAU.pdf>
23. Долінчук, С. (2023). *Smart Grid в Україні: що це таке, навіщо потрібне і коли з'явиться*. MIND. URL: <https://mind.ua/publications/20259406-smart-grid-v-ukrayini-shcho-ce-take-navishcho-potribne-i-koli-z-yavitsya>
24. Про затвердження Порядку організації внутрішньої, гарнізонної та караульної служб в органах та підрозділах цивільного захисту. Наказ МВС України. № 116. (2022). (Україна).
25. Про затвердження Інструкції з гасіння пожеж на енергетичних об'єктах України. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. № 863. (2011). (Україна).
26. Інструкція щодо організації гасіння пожеж на АЕС із ядерними реакторами типу ВВЕР. НАПБ 05.041-2009. (2009). (Україна).
27. Про затвердження Порядку організації внутрішньої, гарнізонної та караульної служб в органах та підрозділах цивільного захисту. Наказ МВС України. № 116. (2022). (Україна).
28. Про затвердження Методичних рекомендацій із складання, корегування та відпрацювання оперативних карток гасіння пожеж. Наказ ДСНС України. № 848. (2023). (Україна).
29. Про затвердження Рекомендацій про особливості виконання органами управління та підрозділами ДСНС України завдань за призначенням у населених пунктах і на територіях під час збройної агресії. Наказ ДСНС України. № 375. (2024). (Україна).
30. Про затвердження Порядок організації роботи органів управління та підрозділів, закладів освіти системи ДСНС України під час підготовки особового складу, гасіння пожеж, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та інших небезпечних подій в умовах екстремальних температур, задимленості, загазованості, радіоактивного, хімічного забруднення та біологічного зараження. Наказ МВС України. № 780. (2023). (Україна).
31. Коваль, М. (ред.). (2023). *Дії підрозділів ДСНС України в умовах воєнного стану*. Львів: ЛДУБЖД.

### References

1. IEA. *Ukraine's energy system under attack*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/ukraines-energy-security-and-the-coming-winter/ukraines-energy-system-under-attack>
2. Bucha, M. (2025). *Ukraine's Energy Future: Mapping Opportunities and Challenges for a Sustainable and Decentralised Transition*. Diplomat Magazine. Retrieved from <https://diplomatmagazine.eu/2025/01/05/ukraines-energy-future-mapping-opportunities-and-challenges-for-a-sustainable-and-decentralised-transition/>
3. Prokip, A. (2025). *Ukraine's Energy Sector: Resilience After Three Years of Full-Scale War*. GBV Wilson Center. Retrieved from <https://gbv.wilsoncenter.org/blog-post/ukraines-energy-sector-resilience-after-three-years-full-scale-war>
4. COMINDIS Rechtsanwälte. (2025). *Restoration of Ukraine's Energy Infrastructure – Current Status and Outlook*. Retrieved from <https://comindis.com/restoration-of-ukraines-energy-infrastructure/>

5. The Ukrainian Review. (2025). *Energy Security Talks: How the Ukrainian Energy Industry Survived the Winter and Prospects for 2025*. Retrieved from <https://theukrainianreview.info/energy-security-talks-how-the-ukrainian-energy-industry-survived-the-winter-and-prospects-for-2025>
6. DiXi Group. (2025). *Weather conditions, stable operation of nuclear power plants, capacity restoration, and imports helped avoid large-scale blackouts during the heating season – Energy Security Talks*. Retrieved from <https://dixigroup.org/en/weather-conditions-stable-operation-of-nuclear-power-plants-capacity-restoration-and-imports-helped-avoid-large-scale-blackouts-during-the-heating-season-energy-security-talks/>
7. DiXi Group. (2024). *Winter outlook 2024/2025 electricity*. Retrieved from <https://dixigroup.org/en/analytic/winter-outlook-2024-2025-electricity-2/>
8. IEA. (2024). *The upcoming winter will be a critical test*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/ukraines-energy-security-and-the-coming-winter/the-upcoming-winter-will-be-a-critical-test>
9. Wikipedia. *Ukrainian energy crisis*. Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/Ukrainian\\_energy\\_crisis](https://en.wikipedia.org/wiki/Ukrainian_energy_crisis)
10. Sysoiev, M. (2024). *Ukraine: Key energy sector developments 2024*. Dentons. Retrieved from <https://www.dentons.com/en/insights/articles/2024/november/5/ukraine-key-energy-sector-developments-2024>
11. IEA. (2024). *Executive summary*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/ukraines-energy-security-and-the-coming-winter/executive-summary>
12. BDO Ukraine. (2024). *Energy sector in Ukraine and the world: forecasts and challenges*. Retrieved from <https://www.bdo.ua/en-gb/insights-1/information-materials/2024/energy-sector-in-ukraine-and-the-world-forecasts-and-challenges>
13. World Bank Group. (2025). *Updated Ukraine Recovery and Reconstruction Needs Assessment Released*. Retrieved from <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2025/02/25/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released>
14. UATOM. (2022). *Occupation of Zaporizhzhia NPP – an act of international nuclear terrorism by the Russian Federation*. Retrieved from <https://www.uatom.org/2022/12/30/okupatsiya-zaporizkoyi-aes-akt-mizhnarodnogo-yadernogo-terorizmu-rf.html>
15. ACAPS. (2025). *Ukraine energy infrastructure attacks: Updated outlook and impact during the 2024–2025 cold season*. Retrieved from [https://www.acaps.org/fileadmin/Data\\_Product/Main\\_media/20250219\\_ACAPS\\_Ukraine\\_-\\_Energy\\_infrastructure\\_attacks-\\_Updated\\_outlook\\_and\\_impact\\_during\\_the\\_2024-2025\\_cold\\_season\\_.pdf](https://www.acaps.org/fileadmin/Data_Product/Main_media/20250219_ACAPS_Ukraine_-_Energy_infrastructure_attacks-_Updated_outlook_and_impact_during_the_2024-2025_cold_season_.pdf)
16. Bandura, R., & Romanishyn, A. (2025). *Striving for Access, Security, and Sustainability: Ukraine's Transition to a Modern and Decentralized Energy System*. CSIS. Retrieved from <https://www.csis.org/analysis/striving-access-security-and-sustainability>
17. Ministry of Economy, Environment and Agriculture of Ukraine. (2024). *National Energy and Climate Plan until 2030*. Approved by the Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine, June 25, 2024, № 587-r. Retrieved from <https://me.gov.ua/view/bb0b9ef5-ea96-4b8a-8f2f-471faf32c9df>
18. Ukrainian Institute for the Future (UIF). (2025). *Developments in the Ukrainian Energy Sector*. Retrieved from <https://uifuture.org/dajdzhesty/energetychnyy-sektor/>
19. Rasmussen Global. (2025). *Resilience Under Fire: How Ukraine's Energy Sector is Adapting – and What It Means for Europe*. Retrieved from <https://rasmussenglobal.com/report-resilience-under-fire-how-ukraines-energy-sector-is-adapting-and-what-it-means-for-europe/>
20. European Investment Bank Group. (2025). *Ukraine to rebuild infrastructure with support from Ukraine FIRST initiative*. Retrieved from <https://www.eib.org/en/press/all/2025-285-ukraine-to-rebuild-infrastructure-with-support-from-ukraine-first-initiative>
21. U.S. Energy Information Administration (EIA). *Country Analysis Brief: Ukraine*. Retrieved from [https://www.eia.gov/international/content/analysis/countries\\_short/Ukraine/Ukraine.pdf](https://www.eia.gov/international/content/analysis/countries_short/Ukraine/Ukraine.pdf)

22. Riabtsev, H., & Omelchenko, V. (2025). *Overview of the energy sector in April 2025*. Razumkov Centre. Retrieved from <https://razumkov.org.ua/images/2025/05/12/2025-ENERGY-MAY.pdf>
23. Dolinchuk, S. (2023). *Smart Grid in Ukraine: What it is, why it is needed, and when it will appear*. MIND. Retrieved from <https://mind.ua/publications/20259406-smart-grid-v-ukrayini-shcho-ce-take-navishcho-potribne-i-koli-z-yavitsya>
24. Ministry of Internal Affairs of Ukraine. (2022). *On approval of the Procedure for organizing internal, garrison, and guard services in civil protection bodies and units*. Order № 116. (Ukraine).
25. Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine. (2011). *On approval of the Instruction for extinguishing fires at energy facilities of Ukraine*. Order № 863. (Ukraine).
26. State Emergency Service of Ukraine. (2009). *Instruction on the organization of fire extinguishing at nuclear power plants with VVER-type reactors (NAPB 05.041-2009)*. (Ukraine).
27. Ministry of Internal Affairs of Ukraine. (2022). *On approval of the Procedure for organizing internal, garrison, and guard services in civil protection bodies and units*. Order № 116. (Ukraine).
28. State Emergency Service of Ukraine. (2023). *On approval of the Methodological recommendations for compiling, adjusting, and practicing operational fire suppression cards*. Order № 848. (Ukraine).
29. State Emergency Service of Ukraine. (2024). *On approval of the Recommendations on the specifics of performing tasks by SES management bodies and units in settlements and territories during armed aggression*. Order № 375. (Ukraine).
30. Ministry of Internal Affairs of Ukraine. (2023). *On approval of the Procedure for organizing the work of management bodies, units, and educational institutions of the SES system during personnel training, fire suppression, elimination of emergencies, and other hazardous events under extreme temperatures, smoke, gas contamination, radioactive, chemical, and biological hazards*. Order № 780. (Ukraine).
31. Koval, M. (Ed.). (2023). *Actions of the SES of Ukraine units under martial law*. Lviv: Lviv State University of Life Safety.

## УПРАВЛІННЯ НАДЗВИЧАЙНИМИ СИТУАЦІЯМИ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ В УМОВАХ ВІЙНИ: ДОСВІД ЛІКВІДАЦІЇ КАТАСТРОФИ НА КАХОВСЬКІЙ ГЕС

### Євген ШУМСЬКИЙ

головний фахівець відділу організації служби, підготовки та пожежогасіння управління реагування на надзвичайні ситуації Головного управління ДСНС України в Херсонській області

### Максим ВОЙЧЕНКО

т.в.о. заступника начальника Головного управління з реагування на надзвичайні ситуації

### Василь КАРАБИН

доктор технічних наук, професор, професор кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, vasyi.karabyn@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8337-5355

### Василь ЛОІК

кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, v.loik1984@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3772-1640

**Мета дослідження:** комплексний аналіз функціонування системи цивільного захисту України в умовах надзвичайної ситуації техногенного характеру, що виникла внаслідок воєнної диверсії проти критичної гідротехнічної інфраструктури на прикладі катастрофи на Каховській гідроелектростанції (ГЕС). Дослідження спрямоване на виявлення особливостей управління такою надзвичайною ситуацією (НС) в умовах активної фази збройного конфлікту, оцінку чинних процедур реагування, виявлення структурних і процедурних обмежень, а також формування рекомендацій щодо адаптації національної системи цивільного захисту до реалій гібридної війни з урахуванням вимог оперативного реагування, міжвідомчої координації та ресурсного забезпечення.

**Методи дослідження:** у дослідженні застосовано комплексний міждисциплінарний підхід, що поєднує загальнонаукові та спеціальні методи, включаючи системний підхід для розгляду заходів реагування на надзвичайну ситуацію техногенного характеру як взаємодії між органами управління, нормативно-правовим забезпеченням, інформаційними потоками та ресурсними компонентами, порівняльний аналіз для зіставлення вітчизняного досвіду з міжнародними прикладами ліквідації наслідків прориву гідротехнічних споруд, ризик-орієнтований підхід для виявлення критичних вразливостей системи цивільного захисту, що активізуються в умовах збройного конфлікту, метод аналізу для розділення складного явища надзвичайної ситуації на управлінські, екологічні, соціальні та інфраструктурні складові, методи індукції та дедукції для виведення загальних закономірностей на основі аналізу конкретного кейсу та перевірки теоретичних гіпотез щодо ефективності реагування, методи узагальнення та класифікації для систематизації чинників, що вплинули на ефективність евакуаційних і рятувальних заходів.

**Результати:** досліджено поетапний розвиток надзвичайної ситуації на Каховській гідроелектростанції, спираючись на комплексний аналіз гідрологічних, морфологічних та часових параметрів. Це дозволило встановити послідовність ключових етапів від моменту руйнування греблі до завершення робіт з ліквідації наслідків, а також зіставити їх з динамікою аварійно-рятувальних заходів. Систематизовано особливості реагування – від масової евакуації до інженерних, санітарно-логістичних і протимінних робіт. Визначено основні виклики: обмежений доступ до зони ураження, мінну небезпеку, інформаційну ізоляцію, дефіцит ресурсів. Виявлено прогалини у нормативно-правовій базі й запропоновано

рекомендації щодо кризового планування на гідропоруках і посилення моніторингу критичної інфраструктури.

**Теоретична цінність дослідження** полягає в комплексному аналізі функціонування системи цивільного захисту України в умовах надзвичайної ситуації техногенного характеру, що виникла внаслідок воєнної диверсії проти критичної гідротехнічної інфраструктури. Уперше досліджено особливості управління такою надзвичайною ситуацією в умовах активної фази збройного конфлікту, з урахуванням факторів обмеженого доступу до зони ураження, мінної небезпеки, інформаційної ізоляції та постійної загрози повторного ураження. Обґрунтовано нові вимоги до оперативного реагування, міжвідомчої координації та ресурсного забезпечення дій системи цивільного захисту в умовах гібридної війни. Встановлено структурні й процедурні обмеження чинної моделі реагування, а також виявлено напрями її адаптації до воєнного стану.

**Практична цінність** дослідження полягає в можливості використання його результатів для удосконалення нормативно-правової бази у сфері цивільного захисту, зокрема щодо управління ризиками в умовах воєнного стану. Запропоновані рекомендації щодо вдосконалення процедур евакуації, оповіщення, логістики, інженерного захисту та екологічного моніторингу можуть бути використані при розробці оновлених алгоритмів дій органів влади під час техногенних надзвичайних ситуацій воєнного походження. Матеріали дослідження становлять інтерес для фахівців Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України), органів місцевого самоврядування, працівників галузі оборони, внутрішніх справ, а також для системи підготовки кадрів у сфері безпеки, зокрема у вищих навчальних закладах цивільного захисту. Окремі висновки можуть бути враховані в міжнародних експертних оцінках з екоциду, гуманітарного захисту цивільного населення та відновлення критичної інфраструктури у постконфліктний період.

**Ключові слова:** цивільний захист; критична інфраструктура; надзвичайна ситуація; кризовий моніторинг; підлив греблі; Каховська ГЕС.

## **MANAGEMENT OF MAN-MADE EMERGENCIES IN WARTIME: EXPERIENCE IN ELIMINATING THE KAKHOVKA HPP DISASTER**

**Yevhen SHUMSKIY**

Chief Specialist of the Service Organization, Training and Firefighting Department, Emergency Response Directorate, Main Department of the State Emergency Service of Ukraine in Kherson Region

**Maksym VOICHENKO**

Acting Deputy Head of the Main Department for Emergency Response

**Vasyl KARABYN**

Dr.Eng., Professor, Department of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety, vasyi.karabyn@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8337-5355

**Vasyl LOIK**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety, v.loik1984@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3772-1640

**Purpose of the study:** a comprehensive analysis of the functioning of Ukraine's civil protection system in the context of a man-made emergency resulting from a military sabotage against critical hydraulic infrastructure, using the case of the Kakhovka HPP disaster. The study aims to identify the specific features of managing such an emergency during the active phase of an armed conflict, assess the current response procedures, identify structural and procedural limitations, and develop recommendations

for adapting the national civil protection system to the realities of hybrid warfare, taking into account the requirements for rapid response, interagency coordination, and resource provision.

**Research methods:** a comprehensive interdisciplinary approach was applied, combining general scientific and specialized methods, including a systems approach to examine the response to a man-made emergency as an interaction between management bodies, legal frameworks, information flows, and resource components; comparative analysis to juxtapose domestic experience with international cases of dam failure response; a risk-oriented approach to identify critical vulnerabilities of the civil protection system that are exacerbated in armed conflict; analytical methods to break down the complex phenomenon of an emergency into managerial, environmental, social, and infrastructural components; induction and deduction to derive general patterns from a specific case study and test theoretical hypotheses regarding response effectiveness; and methods of generalization and classification to systematize the factors influencing the effectiveness of evacuation and rescue operations.

**Results:** the authors investigate the step-by-step development of the emergency at the Kakhovka HPP, based on a comprehensive analysis of hydrological, morphological, and temporal parameters. This made it possible to determine the sequence of key stages from the destruction of the dam to the completion of recovery works, and to correlate them with the dynamics of emergency response operations. The features of the response were systematized—from mass evacuation to engineering, sanitary-logistical, and demining operations. The main challenges were identified: limited access to the affected area, mine hazards, information isolation, and resource shortages. Gaps in the legal framework were revealed, and recommendations were proposed for crisis planning at hydraulic structures and strengthening the monitoring of critical infrastructure.

**Theoretical significance** lies in the comprehensive analysis of the functioning of Ukraine's civil protection system during a man-made emergency caused by a military sabotage against critical hydraulic infrastructure. For the first time, the specific features of managing such an emergency in the active phase of armed conflict were examined, taking into account factors such as restricted access to the affected area, mine hazards, information isolation, and the constant threat of repeated strikes. New requirements for rapid response, interagency coordination, and resource provision in the context of hybrid warfare were substantiated. Structural and procedural limitations of the current response model were identified, along with directions for its adaptation to wartime conditions.

**Practical significance** lies in the potential use of the results to improve the legal framework in the field of civil protection, particularly in risk management during martial law. The proposed recommendations for improving evacuation, alerting, logistics, engineering protection, and environmental monitoring procedures can be applied in the development of updated action algorithms for authorities during man-made emergencies of wartime origin. The study's materials are of interest to specialists of the State Emergency Service of Ukraine, local governments, defense and law enforcement personnel, as well as to civil protection training systems, particularly in higher education institutions. Certain conclusions can also be considered in international expert assessments related to ecocide, humanitarian protection of civilians, and restoration of critical infrastructure in the post-conflict period.

**Keywords:** civil protection; critical infrastructure; emergency; crisis monitoring; dam sabotage; Kakhovka HPP.

## Вступ

У сучасному світі збройні конфлікти дедалі частіше супроводжуються масштабними техногенними наслідками. На відміну від воєн ХХ століття, сучасна гібридна війна все частіше передбачає вплив на критичну інфраструктуру – гідротехнічні споруди, енергетичні об'єкти, хімічні підприємства – з метою досягнення не лише військових, а й психологічних, екологічних та соціальних цілей. У зв'язку з цим тема управління надзвичайними ситуаціями техногенного характеру в умовах війни стає стратегічно важливою для безпеки населення, збереження навколишнього середовища та національної стійкості.

Руйнування греблі Каховської ГЕС у червні 2023 року стало яскравим прикладом техногенної катастрофи, спричиненої цілеспрямованим воєнним актом. Внаслідок підриву греблі, здійсненого російськими військами, було знищено критичний гідротехнічний об'єкт,

що регулював рівень води у нижній течії Дніпра, забезпечував водопостачання для сотень тисяч людей, охолодження Запорізької АЕС та зрошення для сільськогосподарських угідь Півдня України. Подія супроводжувалася раптовим вивільненням понад 16 км<sup>3</sup> води з Каховського водосховища, що спричинило затоплення територій площею понад 620 км<sup>2</sup> та безпосередньо зачепило понад 100 000 осіб [1].

Воєнні дії створюють особливий контекст, у якому управління техногенними НС ускладнюється одразу з кількох причин. По-перше, знищується або пошкоджується сама інфраструктура цивільного захисту. У випадку Каховської катастрофи евакуація мешканців лівобережжя Дніпра у Херсонській області була практично зірвана – через окупацію території російськими військами та мінування евакуаційних маршрутів [2]. По-друге, управління в умовах війни відбувається на тлі постійної загрози для рятувальників, обмеженого доступу до територій, відсутності комунікацій та нестачі ресурсів. За оцінками Міністерства внутрішніх справ (МВС) України, евакуаційні та рятувальні заходи після підриву греблі залучали понад 1 000 рятувальників та спеціалізовану техніку, включаючи бронетехніку, плаваючі транспортери та мобільні пункти очищення води [2]. Попри це, значна частина зони катастрофи залишалася небезпечною через обстріли, залишки мін і нерозірваних боєприпасів. Це ще раз підкреслює, що стандартні протоколи реагування на техногенні НС у мирний час не є адекватними для воєнного контексту. Третій вимір – це зростання екологічних ризиків, які виникають або загострюються внаслідок воєнних дій. Як зазначає дослідження [1], внаслідок осушення Каховського водосховища відкрито понад 1 944 км<sup>2</sup> дна, що містить приблизно 83 300 тонн токсичних речовин – зокрема, важких металів, які накопичувалися там протягом десятиліть. Ці відкладення становлять небезпеку для екосистем, ґрунтів, повітря та здоров'я населення. Як наголошено в аналітичному звіті Програми ООН з навколишнього середовища, довгострокові наслідки такого викиду токсинів є транскордонними і потребують багаторічного моніторингу. Війна робить неможливим належне проведення екологічного аудиту або повноцінної ліквідації наслідків техногенних забруднень, що може мати наслідки на покоління вперед.

Важливо зазначити, що випадок на Каховській ГЕС – не одиничний, а частина глобальної тенденції зростання воєнно-техногенних ризиків. Прецеденти воєнного знищення гідроспоруд відомі ще з ХХ століття (наприклад, підрих Дніпрогесу у 1941 р.), однак катастрофа 2023 року вирізняється безпрецедентним поєднанням гуманітарної, екологічної та стратегічної шкоди. Порівняльний аналіз з подібними трагедіями, як-от прорив дамби Баньцяо в Китаї (1975) або повінь у Вайонті (Італія, 1963), засвідчує: об'єм вивільненої води у випадку Каховки перевищує багато попередніх катастроф, а воєнний характер події робить її унікальною [3, 4].

Узагальнюючи, можна виокремити кілька ключових аспектів, що підтверджують актуальність дослідження:

1. Системна вразливість об'єктів критичної інфраструктури у воєнний час, яка не завжди передбачена чинними системами цивільного захисту (ЦЗ).
2. Зміна природи ризику – від випадкових аварій до навмисного техногенного тероризму як форми ведення війни.
3. Масштаб і тривалість наслідків, що охоплюють не лише безпосередню зону катастрофи, а й суміжні регіони, екосистеми, міжнародні водні басейни.
4. Проблема реагування – необхідність оновлення нормативно-правової, оперативної та технічної бази управління НС для роботи в умовах збройного конфлікту.
5. Відсутність практик відновлення після подібних техногенних подій в умовах триваючої війни, що вимагає нових методологій посткризового планування.

Таким чином, досвід підриху Каховської ГЕС демонструє, що сучасні збройні конфлікти мають потенціал трансформуватись у масштабні техногенно-екологічні катастрофи. Їхнє ефективне попередження та ліквідація можливі лише за умови розробки адаптивних стратегій управління НС, які враховують воєнні ризики, міжвідомчу взаємодію, децентралізовані моделі реагування, а також механізми міжнародної підтримки.

### **Методологія та джерела дослідження**

Методологічну основу дослідження становить поєднання загальнонаукових і спеціальних методів, характерних для науки про цивільний захист. Застосовано системний підхід, що дозволяє розглядати реагування на надзвичайну ситуацію техногенного характеру як взаємодію між органами управління, нормативно-правовим забезпеченням, інформаційними потоками та ресурсними компонентами. Функціональний підхід забезпечив аналіз ролі і повноважень ключових суб'єктів – ДСНС України, МВС, обласних військових адміністрацій, органів місцевого самоврядування – у різних фазах надзвичайної ситуації, спричиненої підривом Каховської ГЕС. Порівняльний аналіз застосовано для зіставлення вітчизняного досвіду з міжнародними прикладами ліквідації наслідків прориву гідротехнічних споруд [3, 4]. Вивчено досвід запобігання, оцінки та реагування на надзвичайні ситуації в річкових системах України [5-7]. У межах ризик-орієнтованого підходу виявлено критичні вразливості системи цивільного захисту, які активізуються в умовах збройного конфлікту, таких як обмежений доступ до зони ураження, загроза обстрілів і мінування, порушення логістики та відсутність комунікацій.

Для всебічного аналізу проблеми використано загальнонаукові методи дослідження. Метод аналізу дозволив розділити складне явище надзвичайної ситуації на складові – управлінські, екологічні, соціальні, інфраструктурні – з подальшим синтезом даних для формулювання узагальнень і висновків. Метод індукції дав змогу, на основі аналізу конкретного кейсу (Каховська ГЕС), вивести загальні закономірності функціонування системи цивільного захисту в умовах війни, а дедукція – перевірити теоретичні гіпотези щодо ефективності реагування на прикладі події. Застосовано також методи узагальнення та класифікації, зокрема для систематизації чинників, які вплинули на ефективність евакуаційних і рятувальних заходів, а також для виокремлення груп наслідків (екологічні, соціально-гуманітарні, інституційні). З огляду на значний екологічний вплив катастрофи до методів аналізу долучено окремі екологічні методи і підходи [8].

Джерельна база дослідження охоплює чинне українське законодавство у сфері цивільного захисту, офіційні звіти державних органів (ДСНС України, МВС, ОВА), публічні брифінги, наукові публікації, а також матеріали міжнародних організацій – UNEP, ОСНА, Світового банку, Copernicus Emergency Management Service. Особливо важливе місце посідають аналітичні публікації, що стосуються екологічних наслідків підриву греблі, а також міжнародні аналізи проривів дамб [3, 4]. Сукупність залучених методів і джерел дозволила здійснити критичний аналіз дій системи цивільного захисту в умовах екстремальної, гібридної загрози та обґрунтувати необхідність її адаптації до умов війни.

### **Наукова новизна та практична значущість дослідження**

**Наукова новизна** дослідження полягає в комплексному аналізі функціонування системи цивільного захисту України в умовах надзвичайної ситуації техногенного характеру, що виникла внаслідок воєнної диверсії проти критичної гідротехнічної інфраструктури. Уперше досліджено особливості управління такою НС в умовах активної фази збройного конфлікту, з урахуванням факторів обмеженого доступу до зони ураження, мінної небезпеки, інформаційної ізоляції та постійної загрози повторного ураження. Обґрунтовано нові вимоги до оперативного реагування, міжвідомчої координації та ресурсного забезпечення дій системи цивільного захисту в умовах гібридної війни. Встановлено структурні й процедурні обмеження чинної моделі реагування, а також виявлено напрями її адаптації до воєнного контексту.

**Практична значущість** дослідження полягає в можливості використання його результатів для удосконалення нормативно-правової бази у сфері цивільного захисту, зокрема щодо управління ризиками в умовах воєнного стану. Запропоновані рекомендації щодо вдосконалення процедур евакуації, оповіщення, логістики, інженерного захисту та екологічного моніторингу можуть бути використані при розробці оновлених алгоритмів дій органів влади під час техногенних НС воєнного походження. Матеріали дослідження становлять інтерес для фахівців ДСНС України, органів місцевого самоврядування, працівників галузі оборони, внутрішніх справ, а також для системи підготовки кадрів у сфері

безпеки, зокрема у вищих навчальних закладах цивільного захисту. Окремі висновки можуть бути враховані в міжнародних експертних оцінках з екоциду, гуманітарного захисту цивільного населення та відновлення критичної інфраструктури у постконфліктний період.

### Результати досліджень

#### 1. Поняття техногенної надзвичайної ситуації

У системі цивільного захисту України поняття надзвичайної ситуації визначено в Кодексі цивільного захисту України як обстановка на окремій території або об'єкті, що характеризується порушенням нормальних умов життєдіяльності, спричиненим аварією, катастрофою, стихійним лихом чи іншою небезпечною подією, яка призвела (або може призвести) до загибелі людей, матеріальних втрат або неможливості проживання населення. При цьому техногенна НС класифікується як така, що виникає внаслідок впливу небезпечних техногенних чинників – аварій на об'єктах промисловості, транспорту, енергетики, життєзабезпечення, або внаслідок руйнування інженерних споруд [9].

Однак у сучасних умовах, особливо під час війни, традиційне національне визначення техногенних НС вимагає уточнення з урахуванням міжнародної термінології. Зокрема, у межах ООН поняття надзвичайної ситуації (*emergency/disaster*) тлумачиться через призму джерела загрози, масштабу впливу та порушення базових функцій життєзабезпечення. Згідно з глосарієм UNDRR [10] (United Nations Office for Disaster Risk Reduction), термін *technological hazard* означає «небезпечну подію, що походить з технологічних або промислових умов, включаючи аварії, небезпечні витоки, пожежі, вибухи, збої у системах або небезпеку, спричинену техногенними діями». Поняття *technological disaster* охоплює серйозні події, що виникають унаслідок людської діяльності, і супроводжуються масовими втратами або пошкодженням довкілля.

У нормативно-правовій базі Європейського Союзу, зокрема в рамках Механізму цивільного захисту ЄС (*Union Civil Protection Mechanism – UCPM*), використовується термін *man-made disaster* – катастрофа, спричинена людським фактором, яка може мати техногенну або навмисну (зокрема воєнну) природу. До техногенних загроз віднесено: індустриальні аварії, транспортні катастрофи, руйнування інфраструктурних об'єктів, а також наслідки терористичних актів із використанням технологічних засобів [11] (EU Civil Protection Mechanism, 2022). При цьому підкреслюється, що в умовах збройного конфлікту техногенні катастрофи можуть мати змішаний (гібридний) характер – виникати як побічні наслідки війни або як цілеспрямовані акти впливу на критичну інфраструктуру.

Аналіз зарубіжних визначень свідчить, що міжнародні підходи надають більш широке та гнучке трактування техногенних НС, враховуючи їх походження, навмисність і системні наслідки. На відміну від українського законодавства, що чітко розмежовує воєнні та техногенні НС, міжнародні концепції визнають можливість їх перетину – особливо у випадках, коли техногенна подія є результатом або інструментом збройного конфлікту. Це має суттєве значення для удосконалення національного підходу до класифікації та управління НС.

#### 2. Особливості управління надзвичайними ситуаціями в умовах війни

Управління надзвичайними ситуаціями техногенного характеру в умовах збройного конфлікту суттєво відрізняється від реагування у мирний час як за організаційною логікою, так і за ресурсними, часовими та безпековими параметрами. Основні принципи функціонування системи цивільного захисту України – зокрема централізоване управління, єдина система оповіщення, визначені канали координації та залучення ресурсів – передбачають наявність стабільного середовища, відносної територіальної цілісності й можливості оперативного доступу до зони ураження [12]. У воєнних умовах ці базові передумови значною мірою порушуються.

Насамперед змінюється характер загроз: до традиційних техногенних чинників (аварії, вибухи, руйнування) додаються ризики, зумовлені бойовими діями – прямі обстріли критичної інфраструктури, мінування територій, саботаж, кібератаки, блокування логістики. У випадку підриву Каховської ГЕС у 2023 році надзвичайна ситуація виникла не внаслідок технічної аварії чи зношення споруди, а як результат цілеспрямованої диверсії проти гідротехнічного

об'єкта, що до того ж перебував у зоні активних бойових дій. Таким чином, система цивільного захисту зіткнулася з подією, яка одночасно мала ознаки воєнної, техногенної та екологічної катастрофи.

Однією з ключових особливостей управління НС в умовах війни є обмежена керованість простором і часом реагування. Через окупацію частини територій, постійні обстріли, відсутність гарантій безпеки для рятувальників і волонтерів, евакуаційні заходи можуть бути частково або повністю заблоковані. Так, у зоні лівобережжя Дніпра, що перебувала під окупацією, ДСНС України не мала доступу до населення, а цивільне населення було залишене без допомоги з боку російської сторони. Це створює ситуацію асиметричного реагування – коли державні служби можуть діяти лише на частині затопленої території, а інформація про іншу частину залишається недоступною або свідомо спотвореною агресором.

Ще однією характерною рисою є перенесення функцій цивільного захисту на інші структури або рівні управління. У разі масованого ураження інфраструктури (як у випадку затоплення понад 600 км<sup>2</sup>), традиційна вертикаль управління часто не спрацьовує через пошкодження зв'язку, руйнування адміністративних центрів або евакуацію персоналу. У таких умовах зростає роль органів місцевого самоврядування, волонтерських структур, неурядових організацій і навіть громадської самоорганізації. Практика залучення сил оборони (ЗСУ, Нацгвардія) до підтримки рятувальних операцій також є типовою для умов війни, що вимагає перехресної координації між системами військового управління та цивільного захисту.

Важливим викликом є також втрата частини традиційних ресурсів – водопостачання, електроенергії, транспортних шляхів, а також зруйнована логістика постачання гуманітарної допомоги. Це змушує органи цивільного захисту діяти з використанням резервних алгоритмів: мобільних пунктів очищення води, автономних джерел енергії, повітряного або водного транспорту. При цьому ризик для особового складу ДСНС України і волонтерів суттєво зростає: під час рятувальних робіт на підтоплених територіях зазнавали обстрілів евакуаційні групи, включно з медичними й гуманітарними конвоями.

Таким чином, управління НС у воєнний період вимагає не лише модифікації процедур і алгоритмів дій, але й гнучкої адаптації всієї системи цивільного захисту до умов бойових дій. Це включає нову модель координації з військовими структурами, оперативне ухвалення рішень на місцях, використання альтернативних каналів зв'язку та евакуації, а також інституційне визнання гібридного характеру сучасних загроз. Національна система цивільного захисту повинна інтегрувати практики кризового менеджменту, притаманні як мирному, так і воєнному часу, і формувати стратегії дії у контексті тривалих і комбінованих надзвичайних ситуацій.

### **3. Нормативно-правове забезпечення**

Нормативно-правова база є ключовою інституційною передумовою ефективного управління надзвичайними ситуаціями техногенного характеру, особливо в умовах збройного конфлікту. В Україні ця сфера регламентується системою актів національного рівня, що визначають організаційні, процедурні та управлінські засади функціонування системи цивільного захисту. Базовим документом є Кодекс цивільного захисту України [12], який закріплює єдину державну систему цивільного захисту, її суб'єкти, повноваження, порядок реагування на надзвичайні ситуації, а також класифікацію таких ситуацій. Відповідно до цього Кодексу, в Україні діє чотирирівнева модель реагування (об'єктовий, місцевий, регіональний, державний рівні), яка у разі НС передбачає централізоване управління із залученням резервів та сил із нижчих рівнів.

Окрему роль у класифікації та реагуванні на надзвичайні ситуації відіграє Постанова Кабінету Міністрів України від 24.03.2004 р. № 338 «Про затвердження Порядку класифікації надзвичайних ситуацій» [9]. Цей документ встановлює критерії віднесення ситуацій до надзвичайних, зокрема за кількістю постраждалих, масштабами території ураження, обсягом завданих збитків та потребою в міжрегіональному або державному втручанні. У ситуації, подібній до підриву Каховської ГЕС, застосовується класифікація техногенної НС державного рівня, що вимагає міжвідомчої координації, рішень центральних органів виконавчої влади та мобілізації спеціальних ресурсів.

Разом з тим, національна система нормативного забезпечення має певні обмеження в частині реагування на техногенні НС у період воєнного стану. Закон України «Про правовий режим воєнного стану» (2015) регламентує загальні умови функціонування органів державної влади під час війни, однак не деталізує алгоритми взаємодії між військовими і цивільними службами у сфері цивільного захисту. У реальності воєнного часу, як засвідчив досвід ліквідації наслідків катастрофи на Каховській ГЕС, виникає потреба в оперативному переформатуванні вертикалі управління, делегуванні частини повноважень органам місцевого самоврядування або військовим адміністраціям, а також у зміні процедур реагування – зокрема щодо оповіщення населення, евакуації, залучення добровольчих формувань та забезпечення гуманітарної допомоги. Актуальним є питання нормативного врегулювання координації між системами цивільного захисту та сектором безпеки й оборони.

На міжнародному рівні управління НС техногенного характеру регламентується рядом універсальних і регіональних документів. Зокрема, ключовим глобальним документом є Рамкова Сендайська програма зі зниження ризиків лих на 2015–2030 роки, прийнята Генеральною Асамблеєю ООН [13]. Документ встановлює принципи зниження ризиків катастроф, включаючи техногенні, та підкреслює необхідність міжсекторальної координації, розвитку систем раннього попередження та підготовки до рідкісних, але катастрофічних подій. Сендайська програма наголошує, що війни і збройні конфлікти посилюють вразливість цивільного населення до катастроф, а отже, підхід до управління ризиками має бути інтегрованим, з урахуванням кризового, гуманітарного та безпекового контекстів.

У межах Європейського Союзу основою взаємодії є Механізм цивільного захисту ЄС [11], який визначає порядок надання взаємної допомоги державами-членами у разі катастроф, включаючи техногенні й змішані надзвичайні ситуації. Важливим є те, що відповідно до стандартів ЄС, техногенні катастрофи можуть кваліфікуватися як наслідки воєнного впливу, що відкриває можливість мобілізації цивільно-гуманітарного реагування навіть у зоні конфлікту. Україна як держава-учасниця УСРМ має право звертатися за підтримкою в разі НС – і вже реалізовувала це право після підриву Каховської ГЕС, зокрема в отриманні технічної допомоги, мобільного обладнання для очищення води та наметових містечок.

Таким чином, нормативно-правове забезпечення управління техногенними НС в умовах війни перебуває на перехресті національних регламентів мирного часу та міжнародних стандартів кризового реагування. Практика 2022-2023 років в Україні продемонструвала потребу в оновленні нормативної бази з урахуванням викликів гібридної війни, включаючи узгодження між військовими і цивільними процедурами, легалізацію участі нових учасників (волонтерів, міжнародних гуманітарних організацій), а також впровадження механізмів взаємного визнання класифікації надзвичайних ситуацій у національному і міжнародному праві.

#### **4. Катастрофа на Каховській ГЕС: характеристика надзвичайної ситуації**

**4.1. Загальні відомості про Каховську ГЕС.** Каховська гідроелектростанція була розташована на річці Дніпро у місті Нова Каховка, Херсонської області, і входила до складу каскаду гідроелектростанцій Дніпра, виконуючи критично важливу роль у регулюванні стоку річки та забезпеченні водопостачання південних регіонів України, включно з Кримом та Запорізькою АЕС. ГЕС була введена в експлуатацію у 1956 році, мала встановлену потужність близько 334 МВт та складалася з шести гідроагрегатів. Її гребля створювала Каховське водосховище об'ємом приблизно 18,2 км<sup>3</sup>, довжиною понад 200 км та шириною до 23 км [14].

Окрім виробництва електроенергії, Каховська ГЕС забезпечувала функціонування Північно-Кримського каналу та Каховського магістрального каналу, які постачали воду для зрошення близько 2 млн гектарів сільськогосподарських угідь у Херсонській, Запорізькій та Дніпропетровській областях. Споруда також виконувала важливі функції у протипаводковому регулюванні, підтриманні судноплавства на нижній ділянці Дніпра та забезпеченні стабільного рівня води для охолодження енергоблоків Запорізької атомної електростанції. Згідно з останніми науковими публікаціями, Каховська ГЕС вважалася стратегічним об'єктом критичної інфраструктури України, і її знищення в червні 2023 року спричинило не лише

гуманітарну та екологічну катастрофу, але й стало серйозним викликом для енергетичної та водної безпеки країни [15-16].

**4.2. Розвиток надзвичайної ситуації.** Виділення окремих етапів розвитку катастрофи на Каховській ГЕС здійснено на основі комплексного аналізу гідрологічних, морфологічних та часових параметрів процесу, що відповідає підходам, рекомендованим Міжнародною комісією з великих дамб (ICOLD) [17] та Міжнародною стратегією зниження ризику катастроф (UNDRR) [13]. Методологічно використано комбінацію подієво-часового аналізу (event–timeline analysis) та морфодинамічного підходу, який дозволяє врахувати просторово-часову структуру змін рівнів води та зон затоплення. Для побудови періодизації було залучено офіційні оперативні дані спостережень гідропостів («Херсон», «Нікополь»), карти зон затоплення, супутникові знімки та узагальнені щоденні звіти ДСНС України і «Укргідроенерго» за червень - серпень 2023 року.

Критеріями для розмежування етапів стали:

1. Гідрологічні показники – динаміка зміни рівнів води у ключових створах;
2. Просторові характеристики – зміна площ підтоплень та морфології затоплених ділянок;
3. Гідродинамічні маркери – втрата або відновлення гідравлічного зв'язку між ділянками;
4. Часові межі – періоди відносної стабільності або переломні моменти у гідрографі.

Такий підхід забезпечує можливість інтегрованого аналізу подібних катастроф у майбутньому, даючи змогу порівнювати їх не лише за масштабами, а й за структурою та тривалістю фаз розвитку. Саме тому подальший виклад здійснено за етапами, що відображають як гідрологічну динаміку паводкової хвилі, так і тривалі морфодинамічні процеси у заплавної зоні.

Розвиток надзвичайної ситуації, спричиненої руйнуванням греблі Каховської ГЕС, мав чітко виражену фазність, зумовлену гідродинамікою неконтрольованого скиду води та морфологічними особливостями заплави нижнього Дніпра. За наданими оперативними даними, можна виокремити сім основних етапів: первинний прорив і формування паводкової хвилі (6 червня), вихід на пікові рівні затоплення (7–8 червня), швидка рецесія рівнів у пониззі (9–12 червня), втрата гідравлічного зв'язку у верхній частині водосховища (14 червня), добігання «хвоста» паводку з переходом до передсезонної норми (15–23 червня), повернення коливальності рівня до природних сезонних величин (з 27 червня) та тривале залишкове затоплення на лівобережжі (липень–серпень) (рис. 1).

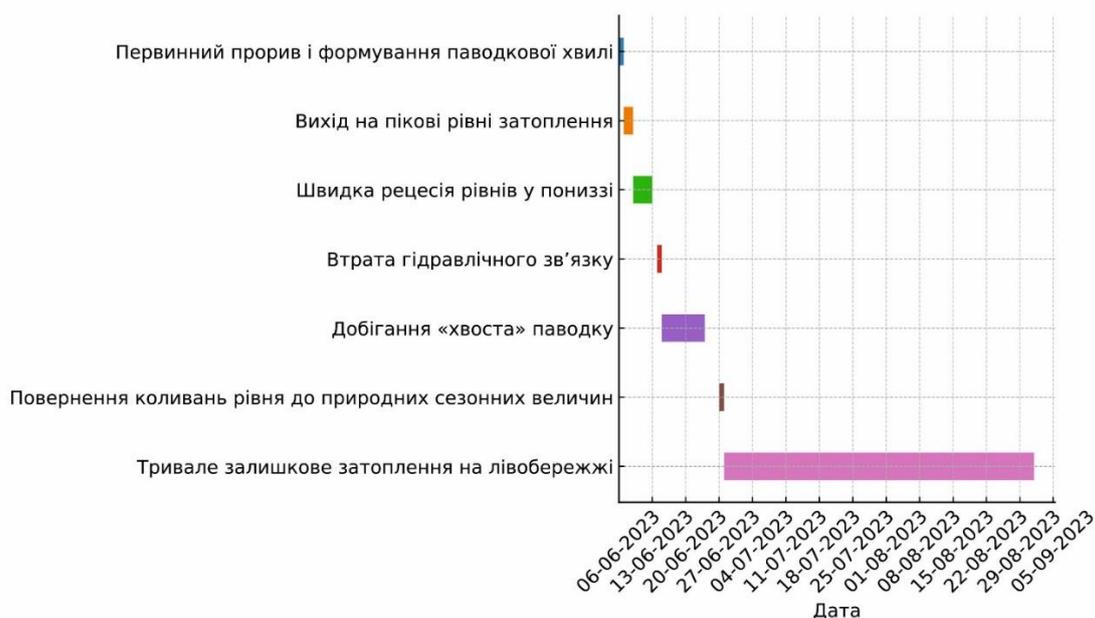


Рисунок 1 – Календарно-подієва діаграма розвитку надзвичайної ситуації на Каховській ГЕС

**Перший етап** розпочався о 02:50 6 червня 2023 р., коли внаслідок підриву було зруйновано 11 із 28 прольотів греблі, що призвело до неконтрольованого скиду близько 18,2 км<sup>3</sup> води. Уже в перші години було визначено зону затоплення 30 населених пунктів (орієнтовно 42 тис. осіб) з прогнозом розширення до 80, а також зафіксовано витік приблизно 150 т мастила (з потенційних 300 т), яке внаслідок високої швидкості течії не сформувало стабільної поверхневої плями і досягло акваторії Чорного моря вже через 7–8 годин. Цей етап характеризувався різким фронтом паводкової хвилі та значною адвекцією домішок, що визначило початковий масштаб впливу.

**Другий етап** – вихід на пікові рівні затоплення – спостерігався 7–8 червня, коли у створі поста «Херсон» рівень води зріс на 5,32–5,63 м від моменту аварії. На правому березі було підтоплено 16–20 населених пунктів (2 629 будинків), на тимчасово окупованій території – 10. Водночас у створі «Нікополь» рівень води у водосховищі знизився на 3,63 м, що свідчило про антифазну динаміку верхньої та нижньої частин системи: різке спорожнення чаші з одночасним виходом паводкової хвилі на максимум у пониззі.

**Третій етап** (9–12 червня) відзначався швидкою рецесією рівнів у пониззі: у «Херсоні» рівень знизився з 4,62 м до 3,31 м, але кількість підтоплених населених пунктів на правому березі зменшувалась повільніше, що пояснюється локальними зниженнями рельєфу. На тимчасово окупованих територіях (ТОТ) кількість підтоплених населених пунктів стабільно становила 14, тоді як у верхній частині водосховища падіння рівня у затоках сягнуло 5,20 м, а загальне зниження у «Нікополі» – 7,73 м.

**Четвертий етап** – втрата гідравлічного зв'язку (14 червня) – став рубіжною точкою, коли водосховище перестало функціонувати як єдина ємність, розділившись на ізольовані плеса і затоки. Це зумовило розбіжності локальних рівнів та формування ізольованих осередків підтоплення, незалежних від загального гідрографа.

**П'ятий етап** (15–23 червня) відповідав добіганню «хвоста» паводку: рівень у «Херсоні» зменшився від 1,96 м до 0,06 м понад норму, правобережні підтоплення скоротилися з 2 079 до 39 будинків, тоді як на ТОТ стабільно залишалось підтопленими 17 населених пунктів.

**Шостий етап** розпочався 27 червня, коли рівень у «Херсоні» увійшов у межі природних сезонних коливань, правобережні підтоплення зникли, проте на ТОТ зберігалися сталі зони затоплення.

**Сьомий етап** – тривале залишкове затоплення на лівобережжі – тривав до кінця серпня 2023 р., коли при нормальних сезонних рівнях у річковому руслі на ТОТ залишалось підтопленими 17 населених пунктів. Цей процес мав інший часовий масштаб порівняно з річковою хвилею та був зумовлений морфологічними особливостями заплави, локальним підпором і відсутністю природного дренажу.

Таким чином, розвиток надзвичайної ситуації характеризувався поєднанням швидкої гідрологічної фази з різким фронтом паводкової хвилі та тривалої морфодинамічної фази у заплавах депресіях, що мали різні часові константи та зумовили асинхронність спаду підтоплення на правому та лівому берегах Дніпра. Ключовими моментами, які визначили динаміку процесу, були масштаб початкового скиду, морфологія заплави, антифазна взаємодія верхньої та нижньої частин водосховища, а також втрата гідравлічного зв'язку, що змінила просторову структуру підтоплень.

**4.3. Наслідки та збитки, вплив надзвичайної ситуації на життєдіяльність населення та роботу галузей економіки.** Внаслідок підриву Каховської ГЕС, частково зруйновано верхню частину греблі, яка є шостою сходинкою Дніпровського каскаду (зруйновано 11 прольотів греблі, конструкція налічувала 28 прольотів), при цьому в зону затоплення потрапило 46 населених пунктів (близько 58,5 тис. громадян) у т.ч. 14 населених пунктів на окупованій території. Порушено умови життєдіяльності більше 42 тис. осіб.

На правому березі Херсонської області затоплено 35 населених пунктів, 3621 будинків, у тому числі у м. Херсон – 2100 будинків.

Внаслідок підняття рівня води р. Дніпро зазнали пошкоджень 31 об'єкт, серед яких Головна насосна станція каналізації, 6 каналізаційних насосних станцій різної потужності, трансформаторна підстанція, 17 артезіанських свердловин та 5 насосних станцій. Також затоплено 28 великих промислових об'єктів на правому березі р. Дніпро.

Відключено від електропостачання близько 16 тис. абонентів, зокрема 15366 абонентів та 122 трансформаторні підстанції у м. Херсон та 2497 абонентів та 40 трансформаторних підстанцій у 8 населених пунктах Херсонської області.

По Херсонській області в наслідок затоплення відключено від газопостачання повністю с. Садове та частково 5 населених пунктів 12127 абонентів (м. Херсон, смт. Білозерка, с. Зимівник, смт. Антонівка, с. Федорівка, с. Приозерне).

Без централізованого водопостачання залишилось м. Херсон (мікрорайон Острів КНС – 6 шт., ВНС – 2 шт., 18 свердловин), по населених пунктах області, які залишилися без електропостачання, подача води здійснюється за допомогою електрогенераторів.

Затоплено ділянки автомобільних доріг: загального користування державного значення Р-47 Херсон-Нова Каховка-Генічеськ (Шилова Балка); об'їзного шляху мосту через р. Тягинка 31+774 (с. Тягинка); ділянки на дорозі Т-15-01 Херсон-Білозерка; автодороги 0220404 Давидів Брід Калинівське-Бобровий Кут; шляхопроводи у селах Бобровий Кут, Тягинка та Калинівське.

Всього постраждало 101 особа, з них: загинуло – 34 особи (Херсонська обл. – 32, Миколаївська обл. – 2); поранено – 28 осіб (5 поліцейських, 10 рятувальників ДСНС України, поранення отримали під час евакуації цивільного населення та проведення робіт з ліквідації наслідків катастрофи та 13 цивільних осіб); зниклі безвісти – 39 осіб. Всього евакуйовані 2783 особи, з них 309 дітей та 80 маломобільних осіб.

*Сили та засоби, що залучались.* Від ГУ НП в області до ліквідації наслідків надзвичайної ситуації залучено 839 поліцейських, 8 човнів, 36 автопатрулів 2 швидкі РПОП та КОРД.

Від ДСНС України – 174 од. техніки, 45 плавзасобів та 770 чоловік особового складу, у тому числі зведені загони від Головних управлінь Дніпропетровській, Миколаївській, Запорізькій, Кіровоградській, Одеській, Полтавській, Луганській та Черкаській областях, 3 Спеціальний центр швидкого реагування, Мобільний рятувальний центр швидкого реагування ДСНС України.

Херсонська обласна комунальна аварійно-рятувальна служба (ХОКАРС) – човен 2 од. та 5 чоловік особового складу.

Від органів місцевої влади та благодійних організацій – 51 автобус (78 в резерві) та 290 осіб. Червоний Хрест – човен 1 од. та 3 чоловіка.

Підрозділи Сил оборони – 97 чоловік особового складу із спецтехнікою.

*Хронологія залучення сил цивільного захисту.* Відповідно до наказу начальника Головного управління ДСНС України у Херсонській області полковника служби цивільного захисту Андрія Машаро від 06.06.2023 № 515 здійснено збір особового складу за сигналом «ЗБІР-АВАРІЯ» та направлений до місця виникнення надзвичайної ситуації.

З метою організації проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, пов'язаної із руйнуванням Каховської ГЕС, наказом ДСНС України від 06.06.2023 № НС-450 «Про залучення сил і засобів» направлено до Херсонської області сили та засоби ГУ ДСНС України у Дніпропетровській, Кіровоградській, Луганській, Миколаївській, Одеській, Полтавській, Черкаській та 3 Спеціальний центр швидкого реагування ДСНС України для ліквідації наслідків руйнування Каховської ГЕС.

Додатково відповідно до окремих доручень ДСНС України:

від 06.06.2023 № В-430 «Про залучення сил і засобів» ГУ ДСНС України у Запорізькій, Кіровоградській, Одеській, Полтавській та Черкаській областях, Мобільний рятувальний центр швидкого реагування ДСНС України направлено по одному снігоболотоходу «Богун» із засобами доставки та екіпажами;

від 07.06.2023 № В-438 «Про залучення сил і засобів» ГУ ДСНС України у Вінницькій, Дніпропетровській, Одеській, Полтавській, Чернігівській областях та у м. Києві, Державний воєнізований гірничорятувальний (аварійно-рятувальний) загін ДСНС України та Мобільно-

рятувальний центр швидкого реагування ДСНС України направлено по одному спеціальному аварійно-рятувальному катеру типу «річка-море» із засобами доставки та екіпажами;

від 17.06.2023 № В-481 «Про залучення сил і засобів» МРЦ ШР ДСНС України направлено до Херсонської області сорбент, з метою організації заходів з очищення від залишків нафтопродуктів територій забруднених в результаті підриву дамби Каховської ГЕС.

*Рішення про створення спеціальної комісії з ліквідації надзвичайної ситуації і призначення керівника робіт з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації та створення штабу з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.* З метою координації дій органів державної влади та органів місцевого самоврядування, органів управління та сил цивільного захисту, організованого та планового виконання комплексу заходів і робіт з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, пов'язаної з руйнуванням Каховської ГЕС внаслідок ворожого обстрілу, а також для безпосереднього управління аварійно-рятувальними та іншими невідкладними роботами, розпорядженням Кабінету Міністрів України від 06.06.2023 № 497-р «Про призначення керівника робіт з ліквідації наслідків підриву російською федерацією греблі Каховської гідроелектростанції» призначено Міністра внутрішніх справ України генерала поліції першого рангу Клименка І.В. керівником робіт з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації техногенного характеру державного рівня, пов'язаної з підривом російською федерацією греблі Каховської гідроелектростанції.

Розпорядженням керівника робіт з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації техногенного характеру державного рівня, пов'язаної з підривом російською федерацією греблі Каховської гідроелектростанції від 07.06.2023 № 1 «Про створення Штабу з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації», призначено начальником Штабу Голову Державної служби України з надзвичайних ситуацій генерал-майора служби цивільного захисту Крука С.І.

**4.5. Проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.** У відповідності до виділених раніше фаз розвитку катастрофи на Каховській ГЕС, динаміка аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт (АРНР) у Херсонській області демонструє адаптивну зміну тактики реагування від переважно евакуаційної до інженерно-технічної та санітарно-логістичної. В основі аналізу – щоденні офіційні зведення за 06-30 червня 2023 р., з яких синтезовано часові ряди ключових індикаторів: обсяги евакуації та рятування, завантаження евакуаційної інфраструктури (автобуси, залізничні потяги, пункти евакуації), кількість звернень на лінії 101/112, обсяги відкачування води, підвезення питної/технічної води і харчів, масштаби очищення від нафтопродуктів, а також початок і нарощення протимінної діяльності.

Етапи I-II (06-08 червня) характерною ознакою є стрімке нарощування евакуаційної спроможності на тлі швидкого підйому води. Уже 06.06 організовано 4 евакуаційні пункти у м. Херсон (школи, вокзал, лікарні) та розгорнуто мультимодальну евакуацію: 35 автобусів і окремих потяг на 1 тис. місць (за добу потягом перевезено 43 особи). Евакуйовано 1 357 осіб (56 дітей), у пунктах тимчасового перебування – 132 особи. На 07.06 масштаби евакуації зростають до 1 995 осіб (103 дитини), кількість евакопунктів збільшується до 9 (8 – у місті, 1 – у с. Високе), а резерв автобусів підсилюється до 68 одиниць; у пунктах перебування – 747 осіб, зафіксовано 334 врятованих і 168 випадків психологічної допомоги, сумарні звернення на лінії 101/112 – 631. Описані параметри вказують на коротку, але інтенсивну фазу «вихідного шоку», коли пріоритетом є негайне виведення населення із зон швидкого підтоплення та формування буфера потужностей (резерв автобусів, залізничні сполучення) для подальших перетоків.

Етап III (09-12 червня) відповідає пікові підтоплень та просторовому максимуму зони лиха, що зумовлює комбінування евакуаційних і рятувальних дій із нарощуванням соціальної підтримки. 08.06 кількість евакуйованих зростає до 2 352 (140 дітей), у пунктах перебування – 752 особи, врятовано 563 особи, психологічну допомогу надано 201 особі; мережа евакопунктів стабілізована на рівні 8, підтримується автобусний парк (35 + 68 у резерві) і залізничний ресурс. 09.06 загальний показник евакуації сягає 2 548 (80 осіб перевезені потягом Херсон-Миколаїв), у пунктах перебування – 790 осіб; кількість врятованих – 615, психологічна допомога – 298, звернень 101/112 – 950. 10.06 інфраструктура евакуації розширюється до 12

пунктів (переважно лікувальні заклади та навчальні установи), забезпечуючи розміщення, харчування та медико-психологічний супровід; евакуйованих – 2 669 (175 дітей, 67 маломобільних), 406 осіб у пунктах перебування; врятовано 652, психологічна допомога – 298, звернень – 985. На тлі все ще високих витрат евакуаційного ресурсу критичною стає декомпозиція потоків: поєднання міських хабів розміщення з транзитними залізничними коридорами до Миколаєва, Вінниці, Хмельницького, Києва та Львова зменшує локальне навантаження й стримує вторинні ризики (дефіцит води/медицини).

Етапи IV-V (14-23 червня) позначена стійким спадом підтоплень, що докорінно змінює профіль АРНР: від домінування евакуації – до інженерно-технічних і життєзабезпечувальних робіт. 11-12.06 евакуаційна мережа стабілізується (12 пунктів, 8 – у Херсоні), кумулятивно евакуйовано 2 743 особи, врятовано 702, психологічну допомогу отримали 371 особа, звернень – 1 034. 13-14.06 число евакопунктів доведено до 14, у тимчасових пунктах перебувають 439 осіб; кумулятивно евакуйовано 2 779 осіб (300 дітей, 77 маломобільних) і врятовано 714; зростає питома вага логістичного забезпечення: підвезено 32 т води за добу 14.06 (240 т кумулятивно, з них 180 т – питна), розгортається робота фільтрувальних станцій, розпочато очищення нафтопродуктів (240 м<sup>2</sup>). 15-16.06 тренд підтверджує перелом: евакуаційні показники досягають плато (2 782 особи), на перший план виходять відкачування води (21 тис. т за 15.06; понад 83 тис. т кумулятивно на 16.06), масштабне підвезення води (250-260 т сумарно), нарощення парку мотопомп (66-68 од.). Одночасно, на 16.06 забезпечено харчуванням мешканців 36 громад, що знімає пікове навантаження з евакопунктів і консолідує «стаціонарну» допомогу на місцях.

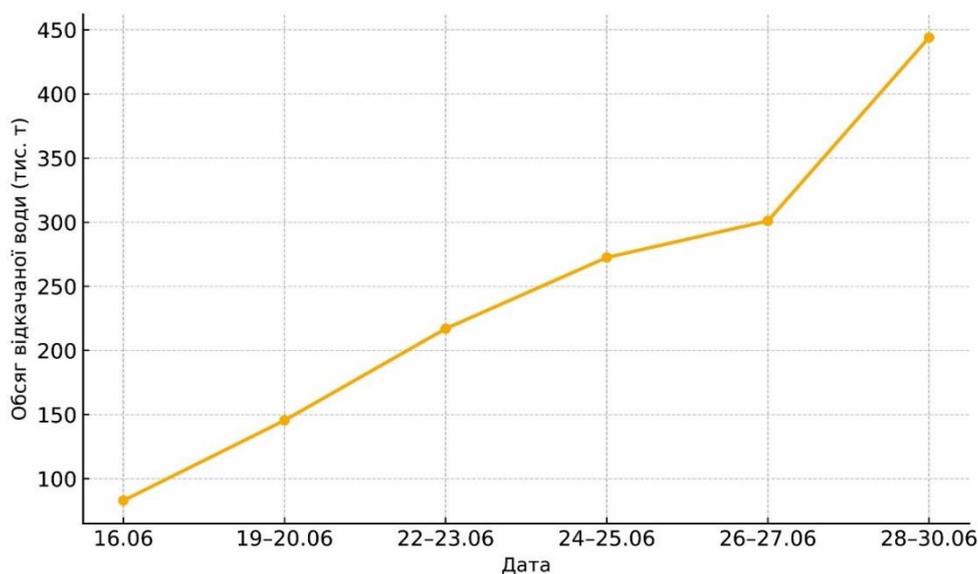
Період 17-22 червня характеризується операційною стабілізацією: евакуація фактично завершена й тримається на плато (2 782-2 783 осіб; 284 тварини), тоді як основний ресурс спрямовано на дренаж територій, водозабезпечення, санітарне очищення й підготовку до протимінних робіт після остаточного сходження води. Протягом 17-19.06 нарощено сумарне відкачування до 135 тис. т (504 об'єкти), підвезення води перевищує 401-444 т (із них більшість – питна), робота фільтрувальних станцій забезпечує 31-35 т очищеної води; у тимчасових пунктах перебувають 433-440 осіб, що вказує на поступову реінтеграцію населення. 20-22.06 темпи відкачування прискорюються (156-217 тис. т кумулятивно), підвезення води сягає 601 т, очищення нафтопродуктів масштабовано до понад 30 тис. м<sup>2</sup> із застосуванням 4,18 т сорбенту; одночасно розширюється мережа обстеження територій для виявлення вибухонебезпечних предметів, готуються піротехнічні підрозділи. Сукупність цих показників відбиває «другу хвилю» життєзабезпечення: перехід від мобільної евакуаційної логістики до стаціонарного відновлення систем водопостачання та санітарної безпеки.

Етап VI (27-30 червня) – період інтенсивних відновно-санітарних та протимінних робіт при подальшому спаді підтоплень. 23-25.06 кумулятивний обсяг відкачаної води зростає до 262–283 тис. т, підвезення води – до 690-735 т, очищено 44 т води на фільтрувальних станціях; завершено активну фазу ліквідації нафтопродуктів із сумарною площею обробки 40 550 м<sup>2</sup> (загальний обсяг застосованого сорбенту – 6 т), підвезено понад 79 тис. кг продуктів. 26-27.06 триває прискорене осушення (301 тис. т, 843-867 будинків і підвалів), підвезення води – 798 т; розпочато вивезення й утилізацію забруднених ґрунтів (250 м<sup>3</sup>). 28–30.06 досягнуто пікових значень інженерних робіт: 423-465 тис. т відкачаної води (939-1 000 об'єктів), 883-994 т підвезеної води (питна – 595-683 т, технічна – 288-311 т), очищено 55-62 т води фільтрувальними станціями; масштабовані обстеження транспортної інфраструктури й берегових ліній (сукупно сотні гектарів), знешкоджено 90 вибухонебезпечних предметів (лише в мікрорайоні «Корабел» – 85 од.). Одночасно консолідується міжвідомчі ресурси: до 20 спеціалізованих груп розмінування (ДСНС України, ЗСУ/ТРО, ДССТ, НГУ, ГУНП), загалом 1 217 осіб і 223 одиниці техніки задіяно у ліквідації наслідків станом на 30.06, з боку ДСНС України – 249 осіб, 44 од. техніки та 31 мотопомпа. Показники «людського виміру» також стабілізуються на сталих підсумкових рівнях: евакуйовано 2 783 особи (309 дітей; 80 маломобільних), врятовано 716 осіб (у т.ч. 30 дітей і 40 маломобільних), психологічну допомогу надано 401 особі; загалом зареєстровано 2 381 звернення громадян на лінії 101/112.

Синхронізація часових параметрів робіт із гідрологічними фазами дозволяє висвітлити кілька закономірностей. По-перше, евакуація має «фронтальний» характер із різким стартовим градієнтом і швидким досягненням плато у відповідності до просторового фронту затоплення: пік інтервенцій (06-10.06) віддзеркалює пік підтоплення, а завершення евакуації (близько 17-19.06) корелює з переходом до стійкої регресії рівнів води. По-друге, інженерний сегмент АРНР (відкачування, підвезення води, очищення) має «накопичувальний» профіль, у якому на початковому відтинку (11-16.06) домінує розгортання потужностей (нарощення мотопомп, фільтрування, підвіз), а на фінальному – інтенсивна ексакація наслідків із геометричним приростом кумулятивних обсягів (423-465 тис. т відкачаної води за останні 72 години спостережень). По-третє, протимінний компонент увімкнено на етапі майже повного сходження води (кінець червня), що методологічно відповідає переходу від фазової моделі «гостра відповідь – стабілізація – відновлення» до середньострокової моделі «відновлення – безпекова санація – реабілітація території».

Кількісні індикатори підкріплюють вищенаведені висновки. За евакуаційним блоком часовий ряд має виразний «S»-подібний контур: швидкий приріст у перші чотири доби (до ~2,55-2,67 тис.), далі – вихід на плато 2,78 тис. і стабілізація. Рятувальні показники також концентруються у вікні піку затоплення (563-652 осіб станом на 08-10.06; 615 – 09.06), після чого частина пов'язана з адресними операціями у складнодоступних локаціях. Для інженерного блоку характерна кумулятивна крива з прискоренням (рис. 2).

Аналогічно, підвіз води демонструє лінійно-експансивний режим із переходом через 600 т (22-23.06) до ~1 тис. т на 30.06; при цьому питома вага питної води переважає (~70-69%), що відповідає пріоритетам санітарної безпеки. Площа обробки нафтопродуктів нарощується від локальних осередків (240 м<sup>2</sup> на 14-16.06) до масштабної санації на площі 40 550 м<sup>2</sup> з використанням 6 т сорбенту, завершеної 24-26.06; паралельно здійснено відбір і очищення до 62 т води фільтрувальними станціями. Завершальні показники (90 одиниць вибухо-небезпечних предметів (ВНП), 250 м<sup>3</sup> забрудненого ґрунту до збирання/утилізації) репрезентують вхід у фазу техногенно-екологічної безпеки території.



**Рисунок 2** – Динаміка накопиченого обсягу відкачаної води під час ліквідації наслідків підриву Каховської ГЕС (червень 2023 р.)

Зіставлення логістичних та соціальних метрик підкреслює ефект «розвантаження вузлів»: збільшення кількості евакопунктів з 4 до 14 у поєднанні з регулярними залізничними рейсами створило декілька паралельних ланцюгів переміщення, що дозволило уникнути критичного накопичення в транзитних зонах (після 10.06 – стале зменшення числа осіб у пунктах перебування з 790 до 264 на 30.06). Інший приклад – координація підвезення води з відкачуванням: зростання обсягів дренажу територій зменшувало потребу в технічній воді (частка технічної – ~30-31%), але

питна вода залишалась стратегічною через ризики мікробіологічного забруднення та руйнування мереж. Водночас, стабільні показники психологічної допомоги ( $\approx 401$  ос.) і стала кількість врятованих у підсумку (716) відображають зміщення акценту від масових до цільових інтервенцій уразливих груп (діти, маломобільні, особи похилого віку).

Синхронізована у часі еволюція АРНР із гідрологічною динамікою дозволяє сформулювати практичні висновки для майбутніх подібних подій. По-перше, необхідною є готовність до швидкого «пікового» масштабування евакуаційної спроможності у 48-72-годинному вікні після прориву: саме цей інтервал визначає максимум попиту на транспорт і пункти розміщення. По-друге, перехід від евакуації до інженерних робіт має відбуватися ще на спадній гілці гідрографа (на 4-6-ту добу після піку), що мінімізує тривалість застою води в щільній міській забудові та зменшує потребу у тривалому підвозі технічної води. По-третє, протимінний компонент слід планувати як окремий модуль реагування, який активується негайно після досягнення безпечних рівнів води, з попереднім картуванням потенційних осередків переносу ВВП течією. Нарешті, інтеграція соціальної підтримки (психологічна допомога, забезпечення харчуванням) у ланцюжки евакуації підвищує еластичність системи та знижує ризики вторинних гуманітарних криз.

Загалом, аналіз щоденних зведень за 06-30 червня 2023 р. показує, що АРНР у Херсонській області розвивалися за закономірною стадіальною логікою, що віддзеркалювала гідрологічні фази катастрофи: швидкий фронт евакуаційних дій на старті; пікова синхронізація евакуаційно-рятувальних і соціальних інтервенцій; перехід до переважно інженерного реагування зі зростаючою часткою робіт із дренажу, водозабезпечення та санації; і, нарешті, входження в режим безпекового очищення територій, включно з протимінною діяльністю та екологічною реабілітацією. Така послідовність підтверджує валідність попередньо виділених етапів та підкреслює важливість поетапного планування ресурсів у зв'язку з гідрологічною динамікою паводкової хвилі і морфодинамікою зон затоплення.

Етап VII. У липні 2023 р. показники засвідчили перехід від гострої фази реагування до керованого відновлення. Кумулятивні значення за основними рятувальними категоріями залишалися без змін: евакуйовано 2 783 осіб, врятовано 716 осіб, надано психологічну допомогу 401 особі. Заповненість тимчасових пунктів поступово зменшувалась: середньодобово 211 осіб (діапазон 189-264), зі спаду з 244 на початку до 169 наприкінці місяця; кількість активних евакуаційних пунктів скоротилася з 14 до 6 (середнє  $\approx 10,6$ ). Добові звернення за лініями 101/112 практично стабілізувались (2 399  $\rightarrow$  2 405;  $\Delta=+6$ ). Водночас інженерні роботи залишалися інтенсивними: обсяг відкачаної води зріс на 28 302 т (475 708  $\rightarrow$  504 010 т; роботи виконувались у 13 активні дні), а підвезення води – на 826 т (1 032  $\rightarrow$  1 858 т), з яких +656 т питної та +170 т технічної.

У серпні динаміка стабілізації закріпилася. Кумулятивні підсумки за евакуацією, рятуванням і психологічною допомогою не змінювалися (2 783; 716; 401 відповідно), кількість активних евакуаційних пунктів трималась на рівні шести. Середньодобова чисельність осіб у тимчасових пунктах була нижчою, ніж у липні: 181 (167-193), із поступовим зниженням 189  $\rightarrow$  168. За зверненнями 101/112 фіксувався невеликий приріст у перші дні місяця (2 531  $\rightarrow$  2 541 до 9 серпня;  $\Delta=+10$ ). Інтенсивність відкачування води помітно зменшилася порівняно з липнем: +1 450 т (504 510  $\rightarrow$  505 960 т; 8 активних днів), тоді як підвезення води залишалося суттєвим, але помірнішим: +634 т (1 882  $\rightarrow$  2 516 т), у тому числі +560 т питної та +74 т технічної.

##### **5. Пропозиції щодо удосконалення системи управління НС**

*Адаптація системи цивільного захисту до умов гібридної війни.* Досвід руйнування греблі Каховської ГЕС показав, що система ЦЗ України має працювати в умовах одночасних воєнних загроз, техногенних аварій та гуманітарних криз. Необхідна інтеграція воєнних ризиків у плани реагування, зокрема розробка сценаріїв евакуації при руйнуванні гідроспоруд, навіть у зоні активних бойових дій. У країнах ЄС така інтеграція реалізується через багатосекторний підхід до управління ризиками в рамках EU Civil Protection Mechanism, де одночасно враховуються природні, техногенні та воєнні чинники [11, 19]. Україні доцільно гармонізувати власні протоколи з європейськими, особливо у сфері попереднього розміщення

ресурсів, створення мобільних пунктів життєзабезпечення та використання сучасних засобів сповіщення населення.

**Впровадження кризового планування на об'єктах критичної гідротехнічної інфраструктури.** Руйнування Каховської ГЕС засвідчило відсутність достатньо деталізованих планів дій для персоналу та місцевих органів влади на випадок катастрофи дамби у воєнний час. Директива ЄС 2007/60/ЄС про оцінку та управління ризиками затоплень передбачає обов'язкову підготовку планів управління ризиками затоплення, що включають карти зон затоплення та евакуаційні маршрути [20]. Україна повинна імплементувати ці підходи з урахуванням воєнної специфіки: дублювання систем управління, розосередження критичного обладнання, створення захищених центрів управління дамбами та водосховищами. Також важливо інтегрувати у плани міжрегіональну координацію дій, адже наслідки прориву можуть поширюватися на декілька областей.

**Посилення моніторингу та інженерного захисту гідроспоруд.** Відсутність належного доступу до Каховської ГЕС у період окупації унеможливила превентивний ремонт та контроль стану конструкцій. Європейський досвід (ICOLD) [21] свідчить, що системи дистанційного моніторингу рівня води, тиску та стабільності греблі з використанням супутникових та безпілотних технологій можуть суттєво підвищити стійкість гідроспоруд у кризових умовах. Україні слід запровадити обов'язкове обладнання дамб автоматизованими системами спостереження, дані з яких передаватимуться до Національного центру моніторингу критичної інфраструктури. Також необхідно передбачити додаткові інженерні бар'єри та розвантажувальні канали, здатні зменшити руйнівну дію хвилі прориву. Дієвими інструментами управління кризовими ситуаціями у межах річкових систем є відповідні математичні моделі [22-24], надійні дані щодо хімії та динаміки води [25-29].

Таким чином, катастрофа на Каховській ГЕС стала унікальним і трагічним прикладом того, як у сучасній війні техногенні катастрофи перетворюються на масштабні гуманітарно-екологічні кризи.

## Висновки

1. Підтверджено, що сучасні збройні конфлікти створюють багаторівневі ризики, де техногенні аварії можуть бути наслідком цілеспрямованих воєнних дій. Катастрофа на Каховській ГЕС виникла не внаслідок технічної несправності чи стихійного лиха, а через підлив споруди під час активної фази війни. Це вимагає переосмислення національної класифікації НС, оскільки міжнародна практика визнає перетин воєнних та техногенних загроз.

2. Досвід ліквідації наслідків продемонстрував, що у воєнний час традиційна вертикаль управління НС, передбачена законодавством, часто порушується. Окупація частини територій, постійні обстріли та мінування ускладнюють доступ рятувальників, що зумовлює потребу в адаптивних моделях реагування. Це передбачає розширення ролі місцевого самоврядування, волонтерів, ЗСУ та міжнародних організацій.

3. Етапи розвитку НС на Каховській ГЕС мали чітку гідрологічну та морфодинамічну логіку. Початковий етап відзначався різким неконтрольованим скиданням води, піковим затопленням та масштабним впливом на населені пункти і промислові об'єкти. Подальші етапи охоплювали швидку рецесію рівнів води, втрату гідравлічного зв'язку у водосховищі, тривале залишкове затоплення на окупованих територіях. Ця поетапність зумовила відповідну динаміку аварійно-рятувальних робіт: від масової евакуації до інженерних, санітарно-логістичних і протимінних операцій.

4. Хронологія дій ДСНС України та інших залучених структур показала високу мобільність та масштабування сил у перші 48-72 години після прориву. У цей період було забезпечено пікові обсяги евакуації та рятування, розгортання евакуаційних пунктів, мобілізацію транспортних і водоочисних ресурсів. Далі відбувся перехід до стабілізаційної фази, зосередженої на відкачуванні води, підвозі питної води, очищенні від нафтопродуктів і підготовці до розмінування.

5. Наслідки катастрофи охопили широкий спектр сфер: гуманітарну (загибель, поранення, евакуація населення), інфраструктурну (зруйновані житлові будинки, пошкоджені об'єкти водо-, газо- та електропостачання), економічну (затоплення промислових об'єктів і сільгоспугідь), екологічну (викид токсичних речовин, довготривале забруднення ґрунтів і водних екосистем).

6. На основі отриманих даних розроблено рекомендації: інтегрувати воєнні ризики у плани ЦЗ, впровадити кризове планування на об'єктах критичної інфраструктури, посилити моніторинг і інженерний захист гідроспоруд із використанням дистанційних технологій, розвивати міжвідомчу координацію та забезпечити децентралізацію реагування.

#### Список використаних джерел

1. Shumilova O. et al. (2025) Environmental effects of the Kakhovka Dam destruction by warfare in Ukraine. *Science* 387, 1181-1186. DOI:10.1126/science.adn8655
2. МВС України. (2023). *Офіційна інформація МВС щодо наслідків підриву Каховської ГЕС*. Інтернет джерело: <https://mvs.gov.ua>
3. Association of State Dam Safety Officials. (n.d.-a). *Banqiao Dam (China, 1975) – Case Study*. Retrieved from <https://damfailures.org/case-study/banqiao-dam-china-1975>
4. UNESCO. (2023). *Criminal Proceedings of the Vajont Dam Disaster (1963-1971)*. In Memory of the World Register. Retrieved from <https://www.unesco.org>
5. Kuzyk, A., Karabyn, V., Shuryhin, V., Sushko, Y., Stepova, K., Karabyn, O. (2023). The River System Pollutant Migration in the Context of the Sudden One-Time Discharge with Consideration of the Bottom Sediments Influence (Case of Benzene Migration in the Stryi River, Ukraine). *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(1), 46-54. <https://doi.org/10.12912/27197050/154909>
6. Shuryhin, V., Karabyn, V., Kuzyk, A. (2023). Prediction of Benzene Migration Parameters Resulting from Continuous Flow in a Mountain River. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(8), 73-81. <https://doi.org/10.12912/27197050/171529>
7. Шуригін В.І., Карабин В.В. (2022). Експериментальні дослідження міграції вуглеводнів у алювіальних відкладах ріки Стрий внаслідок одноразового скиду нафти. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 26, 20-28. <https://doi.org/10.32447/20784643.26.2022.03>
8. Karabyn V., Shuryhin V., Shutiak S., Chmiel M., Kulhanek R. (2022). Strategic environmental assessment - underestimated tool for sustainable subsoil use. *Environmental problems*, 7(3), 140-146. <https://doi.org/10.23939/ep2022.03.140>
9. UNDRR. (2023). Terminology on disaster risk reduction. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Retrieved from <https://sdgs.un.org/>
10. EU Civil Protection Mechanism. (2022). *Overview of risks and emergencies covered by the UCPM*. European Commission, DG ECHO. Retrieved from <https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu>
11. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. [ndrr.org/terminology](https://www.undrr.org/terminology)
12. Yakovliev, Y., Rogozhin, O., Stefanyshyn, D., Kreta, D., Anpilova, Y. & Myrontsov, M. (2024). Environmental and Geological Hazards After the Explosion of the Kakhovka Hydroelectric Power Plant and Rehabilitation Options. In *Systems, Decision and Control in Energy VI: Volume II: Power Engineering and Environmental Safety* (pp. 537-557)
13. Shubravska, O., Popova, O., & Prokopenko, K. (2024). Consequences of the destruction at the Kakhovka Hydroelectric Power Plant for agriculture in the South of Ukraine. *Acta Scientiarum Polonorum Administratio Locorum*, 23(4), 457-466.
14. Vyshnevskiy, V., Shevchuk, S., Komorin, V., Oleynik, Y., & Gleick, P. (2023). The destruction of the Kakhovka dam and its consequences. *Water international*, 48(5), 631-647.
15. International Commission on Large Dams. (2019). *Bulletin 180: Flood evaluation and dam safety*. Paris: ICOLD. <https://www.icold-cigb.org/>
16. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2017). *Terminology on disaster risk reduction*. Geneva: UNDRR. <https://www.undrr.org/publication/terminology-disaster-risk-reduction>

17. European Commission. (2023). *EU Civil Protection Mechanism*. <https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu>
18. International Commission on Large Dams (ICOLD). (2019). *Dam Safety Management: Operational Phase of the Dam*. ICOLD Bulletin 154.
19. Шуригін В. І., Карабин В. В. (2022). Експериментальні дослідження розподілу бензолу у системі "вода-порода" у товщі першої надзаплавної тераси річки Стрий. Науковий вісник НЛТУ України., т. 32, № 3. С. 32–36. <https://doi.org/10.36930/40320305>
20. Рак Ю. М., Карабин В. В., Мірненко В. І. (2020). Районування гірської річки для цілей цивільного захисту та екологічної безпеки (на прикладі р. Тисмениця). Наука і оборона. №2. С. 55-60. DOI: <https://doi.org/10.33099/2618-1614-2020-11-2-55-60>
21. Starodub Y., Karabyn V., Havrys A., Shainoga I., Samberg A. (2018). Flood risk assessment of Chervonograd mining-industrial district. *Proc. SPIE 10783, 107830P. Event SPIE. Remote Sensing*. 2018, Berlin, Germany. URL: <https://doi.org/10.1117/12.2501928>
22. Rak Yu., Karabyn V., Shuryhin V. (2020). Civil and environmental safety problems of the upper reaches of small mountain rivers (on the example of the Tysmenytsia River, Ukraine). *VUZF review*, 5(2):71-77. DOI: 10.38188/2534-9228.20.2.08
23. Карабин В.В. (2015). Закономірності зміни макрокомпонентного хімічного складу вод ріки Білий Черемош // Збірник наукових праць УкрДГПІ.– №1. – С. 114-121.
24. Starodub G., Karabyn V., Ursulyak P., Pyroszok S. (2013). Assessment of anthropogenic changes natural hydrochemical pool Western Bug River // *Studia regionalne i lokalne Polski Południowo-Wschodniej*. Tom XI. Drogi wodne Europy Środkowo-Wschodniej. Dzierdziowka – Krakow. Str. 79 – 90.
25. Карабин В.В. (2013). Гідрохімія головних іонів р. Білий Черемош // Геологія та геохімія горючих копалин. № 1–2. С. 101 – 106.
26. Карабин В.В., Колодій В.В., Яронтовський О.Г., Козак Ю.М., Карабин О.О. (2007). Щодо динаміки забруднення ґрунтових вод Передкарпаття у зоні техногенезу родовищ нафти // Праці наукового товариства імені Шевченка. Том XIX. Геологічний збірник. С. 182-190.

### References

1. Shumilova O. et al. (2025). Environmental effects of the Kakhovka Dam destruction by warfare in Ukraine. *Science* 387, 1181-1186. DOI:10.1126/science.adn8655
2. MVS Ukrainy. (2023). Ofitsiina informatsiia MVS shchodo naslidkiv pidryvu Kakhovskoi HES. Internet dzherelo: <https://mvs.gov.ua>
3. Association of State Dam Safety Officials. (n.d.-a). Banqiao Dam (China, 1975) – Case Study. Retrieved from <https://damfailures.org/case-study/banqiao-dam-china-1975>
4. UNESCO. (2023). Criminal Proceedings of the Vajont Dam Disaster (1963–1971). In *Memory of the World Register*. Retrieved from <https://www.unesco.org>
5. Kuzyk, A., Karabyn, V., Shuryhin, V., Sushko, Y., Stepova, K., Karabyn, O. (2023). The River System Pollutant Migration in the Context of the Sudden One-Time Discharge with Consideration of the Bottom Sediments Influence (Case of Benzene Migration in the Stryi River, Ukraine). *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(1), 46-54. <https://doi.org/10.12912/27197050/154909>
6. Shuryhin, V., Karabyn, V., Kuzyk, A. (2023). Prediction of Benzene Migration Parameters Resulting from Continuous Flow in a Mountain River. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(8), 73-81. <https://doi.org/10.12912/27197050/171529>
7. Shuryhin V.I., Karabyn V.V. (2022). Eksperymentalni doslidzhennia mihratsii vuhlevodniv u aliuvialnykh vidkladakh riky Stryi vnaslidok odnorazovoho skyd u nafty. *Visnyk Lvivskoho derzhavnoho universytetu bezpeky zhyttiediialnosti*, 26, 20-28. <https://doi.org/10.32447/20784643.26.2022.03>
8. Karabyn V., Shuryhin V., Shutiak S., Chmiel M., Kulhanek R. (2022). Strategic environmental assessment - underestimated tool for sustainable subsoil use. *Environmental problems*, 7(3), 140-146. <https://doi.org/10.23939/ep2022.03.140>

9. UNDRR. (2023). Terminology on disaster risk reduction. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Retrieved from <https://sdgs.un.org/>
10. EU Civil Protection Mechanism. (2022). Overview of risks and emergencies covered by the UCPM. European Commission, DG ECHO. Retrieved from <https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu>
11. Verkhovna Rada Ukrainy. (2013). Kodeks tsyvilnoho zakhystu Ukrainy (№ 5403-VI). Dzherelo: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>
12. Yakovliev, Y., Rogozhin, O., Stefanyshyn, D., Kreta, D., Anpilova, Y., & Myrontsov, M. (2024). Environmental and Geological Hazards After the Explosion of the Kakhovka Hydroelectric Power Plant and Rehabilitation Options. In *Systems, Decision and Control in Energy VI: Volume II: Power Engineering and Environmental Safety* (pp. 537-557).
13. Shubravska, O., Popova, O., & Prokopenko, K. (2024). Consequences of the destruction at the Kakhovka Hydroelectric Power Plant for agriculture in the South of Ukraine. *Acta Scientiarum Polonorum Administratio Locorum*, 23(4), 457-466.
14. Vyshnevskiy, V., Shevchuk, S., Komorin, V., Oleynik, Y., & Gleick, P. (2023). The destruction of the Kakhovka dam and its consequences. *Water international*, 48(5), 631-647.
15. International Commission on Large Dams. (2019). Bulletin 180: Flood evaluation and dam safety. Paris: ICOLD. <https://www.icold-cigb.org/>
16. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2017). Terminology on disaster risk reduction. Geneva: UNDRR. <https://www.undrr.org/publication/terminology-disaster-risk-reduction>
17. European Commission. (2023). EU Civil Protection Mechanism. <https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu>
18. International Commission on Large Dams (ICOLD). (2019). Dam Safety Management: Operational Phase of the Dam. ICOLD Bulletin 154.
19. Shuryhin V.I., Karabyn V.V. (2022). Eksperymentalni doslidzhennia rozpodilu benzolu u systemi "voda-poroda" u tovshchi pershoi nadzaplavnoi terasy richky Stryi. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*. t. 32, № 3. S. 32–36. <https://doi.org/10.36930/40320305>
20. Rak Yu.M., Karabyn V.V., Mirnenko V.I. (2020). Raionuvannia hirskoi richky dlia tsilei tsyvilnoho zakhystu ta ekolohichnoi bezpeky (na prykladi r. Tysmenytsia). *Nauka i oborona*. №2. S. 55-60. DOI: <https://doi.org/10.33099/2618-1614-2020-11-2-55-60>
21. Starodub Y., Karabyn V., Havrys A., Shainoga I., Samberg A. (2018). Flood risk assessment of Chervonograd mining-industrial district. *Proc. SPIE 10783, 107830P. Event SPIE. Remote Sensing. 2018, Berlin, Germany*. URL: <https://doi.org/10.1117/12.2501928>
22. Rak Yu., Karabyn V., Shuryhin V. (2020). Civil and environmental safety problems of the upper reaches of small mountain rivers (on the example of the Tysmenytsia River, Ukraine). *VUZF review*, 5(2):71-77. DOI: 10.38188/2534-9228.20.2.08
23. Karabyn V.V. (2015). Zakonomirnosti zminy makrokomponentnoho khimichnoho skladu vod riky Bilyi Cheremosh // *Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI*.– №1. P. 114-121.
24. Starodub G. (2013). Assessment of anthropogenic changes natural hydrochemical pool Western Bug River G. Starodub / Georg Starodub, Vasyl Karabyn, Pavlo Ursulyak, Sophia Pyroszok // *Studia regionalne i lokalne Polski Południowo-Wschodniej. Tom XI. Drogi wodne Europy Środkowo-Wschodniej. Dzierdziowka – Krakow*. P. 79 – 90.
25. Karabyn V.V. (2013). Hidrokhimiia holovnykh ioniv r. Bilyi Cheremosh // *Heolohiia ta heokhimiia horiuchykh kopalyn*. № 1–2. P. 101 – 106.
26. Karabyn V.V., Kolodii V.V., Yarontovskiy O.H., Kozak Y.M., Karabyn O.O. (2007). Shchodo dynamiky zabrudnennia gruntovykh vod Peredkarpattia u zoni tekhnohenezu rodovyshch nafty // *Pratsi naukovoho tovarystva imeni Shevchenka. Tom XIX. Heolohichniy zbirnyk*. P. 182-190.

## МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВОГНЕГАСНИХ ПОРОШКІВ ПОВІТРЯНИМ ПОТОКОМ В КАНАЛАХ ЗНАЧНОЇ ПРОТЯЖНОСТІ

**Василь КОВАЛИШИН**

доктор технічних наук, професор, професор кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
kovalyshyn.v@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5463-0230

**Володимир МАРІЧ**

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри промислової безпеки та охорони праці Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
marychvolodj@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7051-4494

**Мета дослідження:** розробка та обґрунтування математичних моделей перенесення та осідання аерозольного вогнегасного порошку в повітряному потоці для підвищення ефективності гасіння великомасштабних пожеж у довгих каналах, з урахуванням впливу турбулентної дифузії, гравітаційного осідання, пульсацій повітряного потоку та рециркуляції продуктів згоряння.

**Методи дослідження:** застосовано: аналітичне моделювання – для розробки математичних моделей перенесення аерозолів (вогнегасного порошку) у повітряному потоці, з урахуванням турбулентної дифузії, осідання частинок та тепломасообмінних процесів; розрахунково-аналітичні методи – для виведення залежностей концентрації порошку, температури газів і концентрації кисню від просторових та фізичних параметрів; чисельне моделювання – для обчислення параметрів руху, осідання та взаємодії частинок порошку з навколишнім середовищем у каналах значної протяжності; експериментальні методи – лабораторне дослідження процесів гасіння пожеж у кабельних тунелях з використанням порошків П-2АП і П-3АТ, а також із застосуванням рециркуляції продуктів згоряння; порівняльний аналіз – зіставлення результатів теоретичних розрахунків з натурними експериментальними даними для перевірки адекватності розроблених моделей.

**Результати:** розроблено математичну модель стаціонарного перенесення аерозолів (вогнегасного порошку) у довгих каналах з урахуванням вертикальної турбулентної дифузії, осідання частинок на стінках та під дією сили тяжіння. Отримано аналітичні залежності концентрації порошку вздовж довжини та висоти каналу за різних режимів подачі повітряного потоку і значень початкової концентрації. Встановлено відповідність математичних моделей натурним умовам перенесення аерозолів, що підтверджено експериментально. Визначено коефіцієнти турбулентної дифузії та швидкостей осідання залежно від числа Рейнольдса, розміру частинок та їх початкової концентрації. Розроблено модель гасіння пожежі за допомогою вогнегасного порошку, яка враховує зниження концентрації кисню і температури газів у зоні горіння залежно від концентрації порошку. Підтверджено ефективність застосування порошків П-2АП та П-3АТ у реальних умовах гасіння пожеж у каналах довжиною до 110 м. Показано доцільність поєднання порошкового гасіння з іншими засобами. Проведено лабораторні експерименти, які довели, що короткочасна, періодична та перпендикулярна подача порошку з рециркуляцією продуктів згоряння значно підвищує ефективність гасіння пожеж.

**Теоретична цінність дослідження полягає у:** розробці нових математичних моделей процесів перенесення та осідання аерозольного вогнегасного порошку в повітряному потоці, що дають змогу глибше зрозуміти механізми взаємодії частинок з потоком і поверхнями; отриманні аналітичних залежностей, які описують зміну концентрації порошку, температури пожежних газів та вмісту кисню уздовж довгих каналів при різних умовах горіння та подачі порошку; уточненні параметрів турбулентної дифузії та швидкості осідання частинок у залежності від аеродинамічних характеристик потоку, розміру частинок та інших фізичних параметрів, що сприяє розвитку теорії перенесення дисперсних частинок у турбулентному середовищі; внесенні до наукового обігу нових підходів до моделювання процесів гасіння

великомасштабних пожеж, які враховують не лише подачу вогнегасної речовини, а й вплив рециркуляції продуктів згоряння та зміну тепломасообміну; можливості застосування розроблених моделей для прогнозування ефективності різних схем подачі порошку, оптимізації конструкції систем пожежогасіння та розробки рекомендацій щодо їх експлуатації.

**Оригінальність:** вперше розроблено узагальнену математичну модель перенесення та осідання аерозольного вогнегасного порошку в довгих каналах із урахуванням одразу кількох фізичних явищ – вертикальної турбулентної дифузії, гравітаційного осідання, пульсацій повітряного потоку та взаємодії з поверхнями. Отримано нові аналітичні залежності, які дозволяють кількісно описати зміну концентрації порошку, кисню та температури в зоні горіння в залежності від конструктивних і експлуатаційних параметрів системи пожежогасіння. Вперше проведено комплексну оцінку впливу рециркуляції продуктів згоряння на ефективність гасіння вогнегасним порошком у кабельних тунелях, що раніше не було достатньо досліджено. Запропоновано новий підхід до оптимізації подачі порошку, який базується на результатах математичного моделювання та підтверджений експериментально в лабораторних умовах. Створено підґрунтя для подальших досліджень і вдосконалення систем пожежогасіння в складних інженерних об'єктах, зокрема в тунельних і транспортних інфраструктурах.

**Практична цінність:** розроблені математичні моделі можуть бути використані для проектування та оптимізації систем порошкового пожежогасіння в інженерних комунікаціях, тунелях, технологічних каналах тощо. Аналітичні залежності, отримані в дослідженні, дозволяють прогнозувати розподіл концентрації порошку, кисню та температури по довжині зони горіння, що важливо для розрахунку ефективності гасіння та планування подачі вогнегасної речовини. Результати моделювання та експериментів забезпечують обґрунтоване визначення оптимальних режимів подачі порошку (короткочасної, періодичної, з рециркуляцією продуктів згоряння) для підвищення ефективності гасіння. Запропоновані методи можуть бути використані при створенні нормативно-технічної документації з проектування і впровадження систем пожежогасіння на об'єктах із підвищеним ризиком загоряння. Результати дослідження можуть бути впроваджені в навчальний процес технічних закладів вищої освіти при вивченні дисциплін, пов'язаних із безпекою життєдіяльності, протипожежним захистом та технікою безпеки.

**Ключові слова:** порошкове пожежогасіння, математичне моделювання, гасіння пожеж, кабельні тунелі.

## MODELING THE MOVEMENT OF FIRE EXTINGUISHING POWDERS BY AIR FLOW IN LONG DUCTS

Vasyl KOVALYSHYN

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety,  
kovalyshyn.v@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5463-0230

Volodymyr MARYCH

PhD in Engineering, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Industrial Safety and Occupational Health, Lviv State University of Life Safety,  
marychvolodj@ukr.net, ORCID: 0000-0001-7051-4494

**Purpose of study:** development and substantiation of mathematical models of aerosol fire extinguishing powder transfer and settling in the air flow to increase the efficiency of extinguishing large-scale fires in long channels, taking into account the influence of turbulent diffusion, gravitational settling, pulsations of the air flow and recirculation of combustion products.

**Research methods:** analytical modeling was applied to develop mathematical models of aerosol (fire-extinguishing powder) transport in the airflow, taking into account turbulent diffusion, particle settling, and heat and mass transfer processes; calculation-analytical methods were used to

derive dependencies of powder concentration, gas temperature, and oxygen concentration on spatial and physical parameters; numerical modeling was employed to compute parameters of particle motion, settling, and interaction with the surrounding environment in long channels; experimental methods involved laboratory studies of fire extinguishing processes in cable tunnels using P-2AP and P-3AT powders, including the effect of combustion product recirculation; comparative analysis was conducted by comparing theoretical calculation results with field experimental data to verify the adequacy of the developed models.

**Results:** a mathematical model of steady-state aerosol (fire-extinguishing powder) transport in long channels was developed, taking into account vertical turbulent diffusion, particle deposition on walls, and gravitational settling. Analytical expressions for powder concentration along the length and height of the channel under various airflow supply regimes and initial concentration values were obtained. The correspondence of the mathematical models to real aerosol transport conditions was established and experimentally validated. Turbulent diffusion coefficients and settling velocities were determined depending on the Reynolds number, particle size, and initial concentration. A fire extinguishing model using powder was developed, which considers the reduction of oxygen concentration and gas temperature in the combustion zone depending on powder concentration. The effectiveness of P-2AP and P-3AT powders was confirmed under real fire extinguishing conditions in channels up to 110 meters long. The advisability of combining powder extinguishing with other means was demonstrated. Laboratory experiments showed that short-term, periodic, and perpendicular powder delivery with combustion product recirculation significantly increases fire extinguishing efficiency.

**Theoretical significance of the research:** development of new mathematical models of aerosol fire-extinguishing powder transport and deposition in an airflow, enabling a deeper understanding of the mechanisms of particle interaction with the flow and surfaces. Derivation of analytical dependencies describing changes in powder concentration, fire gas temperature, and oxygen content along long channels under various combustion conditions and powder supply regimes. Refinement of turbulent diffusion parameters and particle settling velocities depending on the aerodynamic characteristics of the flow, particle size, and other physical parameters, contributing to the advancement of the theory of dispersed particle transport in turbulent media. Introduction of new approaches to modeling large-scale fire extinguishing processes that consider not only the supply of extinguishing agent but also the effects of combustion product recirculation and changes in heat and mass transfer. The developed models can be applied to predict the effectiveness of different powder supply schemes, optimize the design of fire extinguishing systems, and develop recommendations for their operation.

**Originality:** for the first time, a generalized mathematical model of aerosol fire-extinguishing powder transport and deposition in long channels has been developed, taking into account several physical phenomena simultaneously – vertical turbulent diffusion, gravitational settling, airflow pulsations, and interactions with surfaces. New analytical relationships have been obtained that allow quantitative description of changes in powder concentration, oxygen levels, and temperature in the combustion zone depending on the design and operational parameters of the fire suppression system. A comprehensive assessment of the impact of combustion product recirculation on the effectiveness of powder extinguishing in cable tunnels has been conducted for the first time, which was previously insufficiently studied. A new approach to optimizing powder delivery, based on the results of mathematical modeling and experimentally confirmed under laboratory conditions, has been proposed. This lays the groundwork for further research and improvement of fire suppression systems in complex engineering facilities, particularly in tunnel and transport infrastructures.

**Practical significance:** the developed mathematical models can be used for the design and optimization of powder fire suppression systems in engineering communications, tunnels, technological channels, and similar applications. The analytical relationships obtained in the study allow predicting the distribution of powder concentration, oxygen, and temperature along the length of the combustion zone, which is important for calculating extinguishing efficiency and planning the delivery of the fire-extinguishing agent. The results of modeling and experiments provide a well-founded determination of optimal powder delivery modes (short-term, periodic, with recirculation of

combustion products) to improve extinguishing efficiency. The proposed methods can be applied in the development of regulatory and technical documentation for designing and implementing fire suppression systems at facilities with increased fire risk. The research findings can also be integrated into the educational process at technical higher education institutions when studying disciplines related to life safety, fire protection, and safety engineering.

**Keywords:** powder fire suppression, mathematical modeling, fire extinguishing, cable tunnels.

### Вступ

Як відомо, вогнегасні порошки, потрапляючи до осередку пожежі, переривають ланцюгову реакцію горіння завдяки інгібуванню активних центрів полум'я. Крім того, дрібнодисперсний порошок при високій температурі розплавляється і спікається, утворюючи тверде склоподібне покриття типу плівки, що перешкоджає проникненню кисню до осередку горіння.

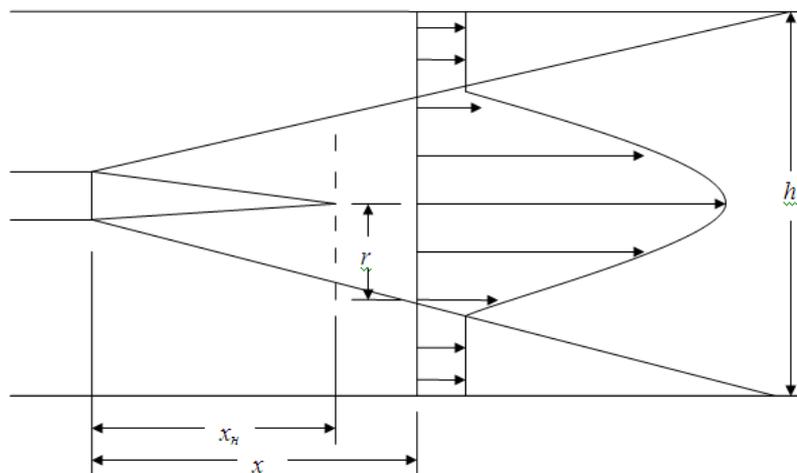
Як встановлено [1,2], частки порошку, перебуваючи в потоці повітря в зваженому аерозольному стані, утворюють хмару з вмістом  $70 - 150 \text{ г/м}^3$ , при якому неможливе полуменеве горіння.

### Постановка проблеми

Засоби порошкового пожежогасіння є універсальними за своїм активним впливом на різні матеріали: навіть електрообладнання, що перебуває під напругою, мінеральні масла, вугілля, дерево, шахтна конвеєрна стрічка тощо.

Як показує аналіз, вогнегасний порошок [1] складається, в основному, з трьох фракцій: великої ( $100 - 200 \text{ мкм}$  – до  $15 - 20\%$ ), середньої ( $10 - 50 \text{ мкм}$  – основна маса) і дрібної фракції ( $10 \text{ мкм}$  і менше – до  $15 - 20\%$ ).

При струменевому закінченні з труби або сопла з великою швидкістю суміші порошку, як аерозолію, з повітрям, вона потрапляє в супутній потік повітря і поступово зміщується з ним. Схема течії суміші порошку з повітрям в струмені і супутньому потоці зображена на рисунку 1.



**Рисунок 1** – Схема течії суміші порошку з повітрям в турбулентному струмені і супутньому потоці, обмеженому стінками каналу

Частина струменя, як показано на рисунку 1, має ядро течії з постійною швидкістю від кінця труби до повного руйнування ядра ( $x_n$ ) і називається початковою ділянкою. Розмивання струменя за межами початкової ділянки ( $x > x_n$ ) призводить до її потовщення і зміни швидкості вздовж осі. Така ділянка струменя є основною.

Для опису профілів швидкості повітря і концентрації порошку в струменевому турбулентному потоці скористаємося даними, отриманими раніше і підтвердженими експериментально [3,4]. Встановлено, що довжина початкової ділянки дорівнює приблизно десяти радіусам труби або сопла, отже, практичний інтерес представляє саме основна ділянка струменя. На основній ділянці профіль швидкості струменя можна описати залежністю виду:

$$u = u_1 + (u_m - u_0)[1 - (y/r)^{3/2}]^2, \quad (1)$$

де  $u_0$  – швидкість супутнього вентиляційного потоку, м/с;

$u_m$  – швидкість на осі струменя, м/с;

$y$  – відстань від точки зі швидкістю  $u$  до осі струменя перпендикулярно потоку, м;

$r$  – радіус струменя в залежності від відстані до кінця трубопроводу, м.

Встановлено [5], що для поперечних перерізів основної ділянки струменя справедлива залежність надлишкової температури від надлишкової швидкості:

$$\frac{T - T_1}{T_m - T_1} = \left( \frac{u - u_0}{u_m - u_0} \right)^{Pr}, \quad (2)$$

де  $T$  – температура на відстані  $r$  від струменя, К;

$T_1$  – температура в супутньому потоці, К;

$T_m$  – температура на осі струменя, К;

$Pr$  – турбулентне число Прандтля (за даними експериментів для осесиметричних струменів  $Pr = 0,8$ ).

Крім того, встановлено [6], що розподіл домішок, у нашому випадку – порошку, в струмені повітря, відповідає тій же закономірності, що й розподіл температури:

$$\frac{Z - Z_1}{Z_m - Z_1} = \frac{T - T_1}{T_m - T_1}, \quad (3)$$

де  $Z$  – концентрація порошку на відстані  $r$  від струменя, кг/кг;

$Z_1$  – концентрація порошку в супутньому потоці, кг/кг;

$Z_m$  – концентрація порошку на осі струменя, кг/кг.

Таким чином, для опису розподілу домішки в турбулентному струмені прийемо:

$$\frac{Z - Z_1}{Z_m - Z_1} = \left( \frac{u - u_0}{u_m - u_0} \right)^{0,8}. \quad (4)$$

Радіус основної ділянки асиметричного струменя або її напівтовщина є лінійною функцією від відстані до початкової ділянки:

$$r = 2,73r_0 + \frac{u_1 - u_0}{u_1 + u_0} k(x - x_n), \quad (5)$$

де  $r_0$  – радіус труби або сопла, м;

$u_1$  – швидкість витікання струменя з сопла, м / с;

$k$  – емпірична константа (для основної ділянки  $k = 0,22$ );

$x_n$  – довжина початкової ділянки, м;

$x$  – відстань від кінця труби за ходом руху струменя, м.

Якщо швидкість на осі струменя на початковій ділянці постійна, то на основній ділянці вона змінюється обернено пропорційно радіусові струменя:

$$u_m = 2,73u_1 \frac{r_0}{r}. \quad (6)$$

Підставляючи у формулу (6) вираз (5), отримаємо

$$u_m = \frac{2,73u_0}{2,73 + \frac{u_0 - u_1}{u_0 + u_1} k(x/r_0 - 10)}. \quad (10)$$

У цьому випадку відповідно до експериментальних даних прийнято  $x_n = 10r_0$ .

Між концентрацією домішок і швидкістю повітря на осі осесиметричного струменя існує залежність виду:

$$\frac{Z_m - Z_0}{Z_1 - Z_0} = \chi \frac{u_m - u_0}{u_1 - u_0}, \quad (11)$$

де емпірична константа  $\chi$  визначається за формулою і для осесиметричного струменя виглядає таким чином:

$$\chi = 0,745 \frac{u_1 + 2,86u_0}{u_1 + 3,76u_0}. \quad (12)$$

Підставимо вираз (12) у співвідношення (11) та отримаємо:

$$\frac{Z_m - Z_1}{Z_0 - Z_1} = 0,745 \frac{u_1 + 2,86u_0}{u_1 + 3,76u_0} \frac{u_m - u_0}{u_1 - u_0}. \quad (13)$$

Нехтуючи концентрацією порошку в супутньому потоці ( $Z_1 = 0$ ), замість формули (13) будемо мати:

$$Z_m = 0,745Z_0 \frac{u_1 + 2,86u_0}{u_1 + 3,76u_0} \frac{u_m - u_0}{u_1 - u_0}. \quad (14)$$

Таким чином, загальна схема розрахунку така. Відстань до місця зіткнення струменя порошку зі стінками каналу визначаємо за формулою (5) при відомих швидкості супутнього потоку, швидкості витікання струменя та його радіуса в цьому місці. Далі, за формулою (10) знаходимо при  $k = 0,22$  і заданому радіусі труби або сопла швидкість повітря на осі струменя. Це дає можливість за формулою (14) визначити концентрацію порошку на осі струменя, якщо відома його початкова концентрація.

Згодом вогнегасний порошок, як аерозоль, повністю змішавшись з супутнім потоком повітря, переноситься у напрямку осередку пожежі і перебуває у завислому стані. При цьому завдяки турбулентному режиму руху повітря і хаотичній пульсації швидкості в усіх напрямках, відбувається перемішування різних фракцій між собою.

Через невеликі розміри фракцій (порівняно з масштабом пульсацій) частки залучаються до пульсаційного руху повітря і дифундують за всіма напрямками. Тому вважається: якщо частинки пилу або порошку малі, то їхнє переміщення практично нічим не відрізняється від руху різних газів у повітрі. Тоді й для частинок є справедливим закон турбулентної дифузії, який для сталого процесу переносу в трьох вимірах описується рівнянням виду:

$$\frac{\partial(uZ)}{\partial x} + \frac{\partial(vZ)}{\partial y} + \frac{\partial(wZ)}{\partial z} = D_t \left( \frac{\partial^2 Z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 Z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 Z}{\partial z^2} \right), \quad (15)$$

де  $Z$  – концентрація порошку в потоці повітря,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$u, v, w$  – поздовжня, вертикальна і поперечна складові швидкості повітря,  $\text{м}/\text{с}$ ;

$D_t$  – коефіцієнт турбулентної (вихрової) дифузії частинок порошку,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;

$x, y, z$  – поздовжня, вертикальна і поперечна координати,  $\text{м}$ .

Оскільки нас цікавить розподіл концентрації порошку по довжині і висоті каналу, розглянемо його середню величину концентрації по поперечному перерізі:

$$\tilde{Z}(x, z) = \frac{1}{b} \int_0^b Z dz, \quad (16)$$

де  $b$  – ширина каналу,  $\text{м}$ .

Інтегруючи рівняння (15) по поперечній координаті, одержимо:

$$u \frac{\partial \tilde{Z}}{\partial x} + v \frac{\partial \tilde{Z}}{\partial y} + \frac{1}{b} (vZ) \Big|_0^b = D_t \left( \frac{\partial^2 \tilde{Z}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \tilde{Z}}{\partial y^2} + \frac{1}{b} \frac{\partial Z}{\partial z} \Big|_0^b \right). \quad (17)$$

При інтегруванні передбачалося, що поздовжня і вертикальна складові швидкості повітря не залежать від координати  $z$ .

Оскільки бічні стінки каналу непроникні для повітря, третій доданок в лівій частині рівняння можна прийняти рівним нулю:

$$\frac{1}{b} (vZ) \Big|_0^b = 0. \quad (18)$$

Третій доданок правої частини рівняння (17) являє собою градієнт концентрації порошку на бічних стінках каналу й може, як і в теорії теплопередачі [7,8], прийматися пропорційним самій концентрації:

$$\frac{D_t}{b} \frac{\partial Z}{\partial z} \Big|_0 = -\gamma \tilde{Z}, \quad (19)$$

де  $\gamma$  – константа швидкості осідання частинок порошку на бічних стінках каналу, 1/с.

Із урахуванням (18) і (19) рівняння (17) набуде вигляду:

$$u \frac{\partial \tilde{Z}}{\partial x} + v \frac{\partial \tilde{Z}}{\partial y} = D_t \left( \frac{\partial^2 \tilde{Z}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \tilde{Z}}{\partial y^2} \right) - \gamma \tilde{Z}. \quad (20)$$

Припустимо, що складові швидкості руху часток порошку є константами. В цьому випадку рівняння (20) набуває вигляду

$$u_0 \frac{\partial \tilde{Z}}{\partial x} + v_0 \frac{\partial \tilde{Z}}{\partial y} = D_t \left( \frac{\partial^2 \tilde{Z}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \tilde{Z}}{\partial y^2} \right) - \gamma \tilde{Z}. \quad (21)$$

Оцінимо величини малості інших похідних правої частини рівняння (21).

Аналіз розмірності величин показує: оскільки висота каналу є набагато меншою за його довжину  $h \ll L$ , то перший доданок правої частини рівняння (21) є значно меншим від другого і його можна не враховувати, тому, що конвективний перенос переважає над дифузійним.

Таким чином, замість рівняння (21) отримаємо:

$$u_0 \frac{\partial \tilde{Z}}{\partial x} + v_0 \frac{\partial \tilde{Z}}{\partial y} = D_t \frac{\partial^2 \tilde{Z}}{\partial y^2} - \gamma \tilde{Z}. \quad (22)$$

Прийmemo, що в кінці основної ділянки зони перемішування потоків аерозолю і повітря його частинки рівномірно розподілені по всій висоті виробки. Отже граничну умову для рівняння (22) можна представити у вигляді:

$$\tilde{Z}(0, \delta) = \begin{cases} \tilde{N}_0, \quad \forall \delta \in [0, h]; & 0 < \delta < h; \\ 0, \quad \forall \delta \in [0, h]; & 0 > \delta > h. \end{cases} \quad (23)$$

Будемо шукати аналітичний розв'язок задачі. Для цього прийmemo:

$$\tilde{Z}(x, y) = e^{ax+by} Z(x, y), \quad (24)$$

де  $a, b$  – константи, які визначимо таким чином. Обчислимо похідні:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \tilde{Z}}{\partial x} &= (aZ + \frac{\partial Z}{\partial x}) e^{ax+by}; \quad \frac{\partial \tilde{Z}}{\partial y} = (bZ + \frac{\partial Z}{\partial y}) e^{ax+by}; \\ \frac{\partial^2 \tilde{Z}}{\partial y^2} &= [b^2 Z + 2b \frac{\partial Z}{\partial y} + \frac{\partial^2 Z}{\partial y^2}] e^{ax+by}. \end{aligned} \quad (25)$$

Підставимо обчислені похідні до рівняння (22) і отримаємо:

$$v_0 (bZ + \frac{\partial Z}{\partial y}) + u_0 (aZ + \frac{\partial Z}{\partial x}) = D_t (b^2 Z + 2b \frac{\partial Z}{\partial y} + \frac{\partial^2 Z}{\partial y^2}) - \gamma Z. \quad (26)$$

Для зменшення кількості доданків у рівнянні (26) позбудемося функції  $Z$  та її похідної по  $y$ . Для цього прийmemo:

$$\begin{aligned} v_0 b + u_0 a &= D_t b^2 - \gamma; \\ v_0 &= D_t 2b, \end{aligned} \quad (27)$$

звідки знайдемо шукані константи:

$$b = v_0 / 2D_t; \quad a = -v_0^2 / 4u_0 D_t - \gamma / u_0. \quad (28)$$

У результаті рівняння (22) набуде простого вигляду:

$$u \frac{\partial Z}{\partial x} = D_t \frac{\partial^2 Z}{\partial y^2}. \quad (29)$$

Гранична умова для рівняння (29), згідно з (23) і (24), набуде вигляду:

$$Z(\acute{o}, 0) = \begin{cases} Z_0 e^{-by}, & 0 < \acute{o} < h; \\ 0, & 0 > \acute{o} > h. \end{cases} \quad (30)$$

Рівняння (29) відноситься до типу параболічних рівнянь з початковою умовою (30), де параметр часу  $\tau = x/u_0$ , тому можна замість рівняння (29) записати:

$$\frac{\partial Z}{\partial \tau} = \psi_2 \frac{\partial^2 Z}{\partial y^2}. \quad (31)$$

Загальний розв'язок (31) на необмеженій прямій набуде вигляду [179]:

$$Z(x, y) = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{Z(\eta, 0)}{\sqrt{D_t \tau}} \exp\left(-\frac{(y-\eta)^2}{4D_t \tau}\right) d\eta. \quad (32)$$

Під необмеженою прямою розуміється вся вісь  $y$ . Оскільки початковий розподіл (30) задано тільки по висоті виробки, а не за її межами, то розв'язок рівняння (31) представимо таким чином:

$$Z(y, z) = \frac{Z_0}{2\sqrt{\pi}} \int_0^h \frac{1}{\sqrt{D_t \tau}} \exp\left(-\frac{(y-\eta)^2}{4D_t \tau} - b\eta\right) d\eta. \quad (33)$$

Перетворимо показник ступеня в експоненті, що входить під знак інтеграла в розв'язку (33), до такого вигляду:

$$\begin{aligned} \frac{(y-\eta)^2}{4D_t \tau} + b\eta &= \frac{[\eta - (y - 2D_t \tau b)]^2 + y^2 - (y - 2D_t \tau b)^2}{4D_t \tau} = \\ &= \frac{[\eta - (y - 2D_t \tau b)]^2}{4D_t \tau} + by - D_t \tau b^2. \end{aligned} \quad (34)$$

Підставимо перетворений показник ступеня у експоненті в розв'язку (32) і отримаємо:

$$Z(x, y) = \frac{Z_0}{2\sqrt{\pi}} \exp(D_t \tau b - by) \int_0^h \frac{1}{\sqrt{D_t \tau}} \exp\left(-\frac{[\eta - (y - 2D_t \tau b)]^2}{4D_t \tau}\right) d\eta. \quad (35)$$

Розглянемо нову змінну:

$$\xi = \frac{\eta - (y - 2D_t \tau b)}{2\sqrt{D_t \tau}}. \quad (36)$$

Після введення нової змінної в розв'язку (35) воно набуде вигляду:

$$Z(y, z) = \frac{Z_0}{\sqrt{\pi}} \exp(D_t \tau b^2 - by) \int_{\xi_1}^{\xi_2} \exp(-\xi^2) d\xi, \quad (37)$$

де нижня і верхня межі інтегрування визначаються за формулою (36) при  $\eta = 0$  і при  $\eta = h$  відповідно:

$$\xi_1 = \frac{2\psi_2 \tau a - y}{2\sqrt{\psi_2 \tau}}; \quad \xi_2 = \frac{h + 2\psi_2 \tau a - y}{2\sqrt{\psi_2 \tau}}; \quad (38)$$

Інтеграл у розв'язку (37) може бути виражений через інтеграл ймовірності [9]:

$$Z(y, z) = \frac{C_0}{2} \exp(\psi_2 \tau a^2 - ay) [\operatorname{erf}(\xi_2) - \operatorname{erf}(\xi_1)]. \quad (39)$$

Тут символ  $\operatorname{erf}$  означає інтеграл ймовірності.

Підставимо знайдений розв'язок (39) у вираз (34) для шуканої функції й отримаємо:

$$\tilde{Z}(x, y) = \frac{Z_0}{2} \exp(ax + D_t t b^2) [\operatorname{erf}(\xi_2) - \operatorname{erf}(\xi_1)]. \quad (40)$$

Повертаючись до первинних вихідних параметрів, отримаємо, згідно з (38) і (40), розв'язок поставленої задачі в остаточному вигляді:

$$\tilde{Z}(x, y) = \frac{Z_0}{2} \exp[-\gamma x / u_0] \left[ \operatorname{erf} \left( \frac{h + v_0 x / u_0 - y}{2\sqrt{D_t x / u_0}} \right) - \operatorname{erf} \left( \frac{v_0 x / u_0 - y}{2\sqrt{D_t x / u_0}} \right) \right]. \quad (41)$$

Отриманий розв'язок (41) дозволяє здійснювати прогноз щодо концентрації порошку на різних відстанях від місця його подачі з урахуванням перерозподілу по висоті під дією сили тяжіння, нехтуючи при цьому ділянкою струменевого закінчення порошку із сопла.

**Мета дослідження:** розробка та обґрунтування математичних моделей перенесення та осідання аерозольного вогнегасного порошку в повітряному потоці для підвищення ефективності гасіння великомасштабних пожеж у довгих каналах, з урахуванням впливу турбулентної дифузії, гравітаційного осідання, пульсацій повітряного потоку та рециркуляції продуктів згоряння.

**Методи дослідження:** застосовано аналітичне моделювання – для розробки математичних моделей перенесення аерозолів (вогнегасного порошку) у повітряному потоці, з урахуванням турбулентної дифузії, осідання частинок та тепломасообмінних процесів; розрахунково-аналітичні методи – для виведення залежностей концентрації порошку, температури газів і концентрації кисню від просторових та фізичних параметрів; чисельне моделювання – для обчислення параметрів руху, осідання та взаємодії частинок порошку з навколишнім середовищем у каналах значної протяжності; експериментальні методи – лабораторне дослідження процесів гасіння пожеж у кабельних тунелях з використанням порошків П-2АП і П-3АТ, а також із застосуванням рециркуляції продуктів згоряння; порівняльний аналіз – зіставлення результатів теоретичних розрахунків з натурними експериментальними даними для перевірки адекватності розроблених моделей.

### Результати

Проведено моделювання процесу переносу вогнегасного порошку в потоці повітря.

Для зручності моделювання переносу порошку вздовж каналу введемо безрозмірні параметри:

$\bar{Z} = \tilde{Z} / Z_0$  – відносна концентрація порошку в потоці повітря;

$\bar{y} = y/h$  – відносна вертикальна координата від покрівлі до ґрунту каналу;

$\bar{x} = x/h$  – відносна відстань від місця струменевого перемішування порошку зі супутнім потоком повітря (рис. 1);

$Pe = u_0 h / D_t$  – число Пекле турбулентного перемішування;

$V = v_0 / u_0$  – відносна швидкість осідання порошку під дією сил тяжіння;

$G = \gamma h / u_0$  – критерій втрат порошку через зіткнення зі стінками виробки.

Використовуючи перераховані безрозмірні змінні, перетворимо формулу (41) до вигляду:

$$\bar{Z}(\bar{x}, \bar{y}) = 0,5 \exp(-G\bar{x}) \left[ \operatorname{erf} \left( \frac{1 + V\bar{x} - \bar{y}}{2\sqrt{\bar{x}/Pe}} \right) - \operatorname{erf} \left( \frac{V\bar{x} - \bar{y}}{2\sqrt{\bar{x}/Pe}} \right) \right]. \quad (42)$$

Формула (42) є зручною для розрахунків, оскільки дозволяє узагальнювати отримані при моделюванні результати і в діапазоні значень незалежних змінних  $1 \leq \bar{y} \leq 1$  і  $0 < \bar{x} < \infty$ , отримувати значення функції у вузькій границі  $0 < \bar{Z} \leq 1$ , використовуючи при цьому всього три критерії подібності:  $Pe$ ,  $G$  і  $V$ .

Якщо враховувати ще й фракційний склад пилу, то підсумовуючи потоки різних фракцій, отримаємо формулу (42) у вигляді:

$$\bar{Z}(\bar{x}, \bar{y}) = 0,5 \exp(-G\bar{x}) \sum_{i=1}^m \delta_i \left[ \operatorname{erf} \left( \frac{1 + \bar{V}_i \bar{x} - \bar{y}}{2\sqrt{\bar{x}/Pe}} \right) - \operatorname{erf} \left( \frac{\bar{V}_i \bar{x} - \bar{y}}{2\sqrt{\bar{x}/Pe}} \right) \right], \quad (43)$$

де  $m$  – кількість фракцій;

$i$  – номер фракції;

$\delta_i$  – частка  $i$ -тої фракції, сума яких повинна дорівнювати одиниці.

Очевидно, чим важча фракція, тим швидше відбувається осідання частинок. Як зазначалося раніше, можна розглядати тільки три фракції і при цьому брати  $m = 3$ .

Для розрахунку інтеграла ймовірності з великою точністю пропонується формула:

$$\operatorname{erf}(\xi) = 1 - [(\lambda(348 + \lambda(-96 + 748\lambda)))e^{-\xi^2}] / 1000, \quad (44)$$

де  $\lambda = 1/(1 + 0,04705|\xi|)$  – параметр, що входить до формули (44).

При розрахунках, якщо змінна  $\xi$  від'ємна, необхідно приймати  $\operatorname{erf}(-\xi) = -\operatorname{erf}(\xi)$ .

На рисунку 2 представлені результати моделювання розподілу концентрації порошку по його висоті від покрівлі до ґрунту каналу при наступних подібних критеріях, прийнятих рівними:  $Pe = 100$ ;  $G = 0,01$ ;  $V = 0,02$ .

Аналіз отриманих результатів моделювання показує, що поблизу місця подачі порошку крива його розподілу по висоті каналу – опукла і майже симетрична відносно центра, як при струменевому закінченні. Проте, якщо взяти висоту каналу  $h = 2$  м, то на відстані 20 м від місця подачі порошку буде дуже помітним зміщення кривої до ґрунту каналу з максимумом 0,67 від початкових витрат, а на відстані 60 м залишиться всього 35% порошку.

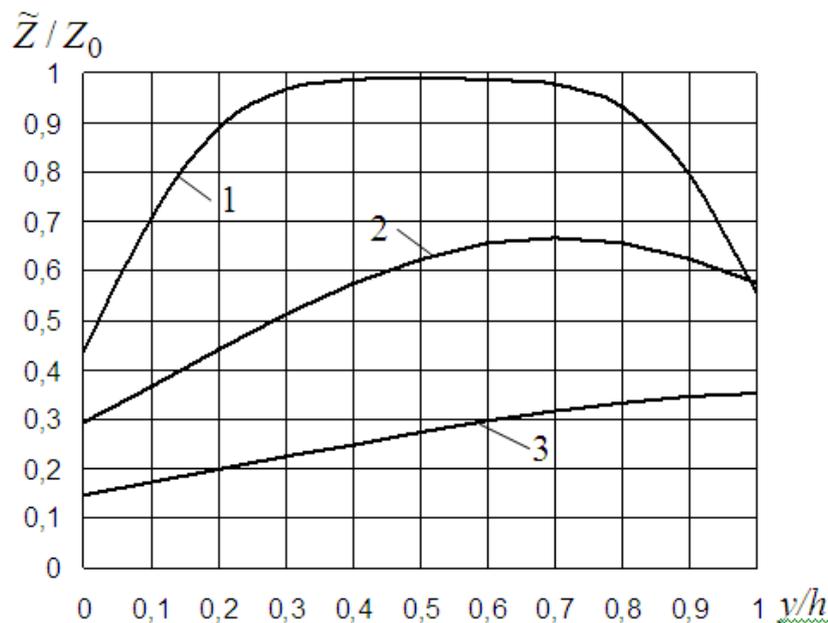


Рисунок 2 – Розподіл концентрації порошку по висоті каналу на різних відстанях від місця його подачі  
(1 –  $x/h = 1$ , 2 –  $x/h = 10$ , 3 –  $x/h = 30$ )

Якщо збільшувати швидкість його осідання за умови значної маси фракції, то на цій відстані або ще ближче весь порошок перебуватиме у ґрунті каналу і, навпаки, якщо зменшувати швидкість осідання при дрібних фракціях, то порошок може поширюватися на 100 м і більше.

На рисунку 3 представлені результати моделювання розподілу концентрації порошку по довжині каналу у покрівлі, посередині і у ґрунті.

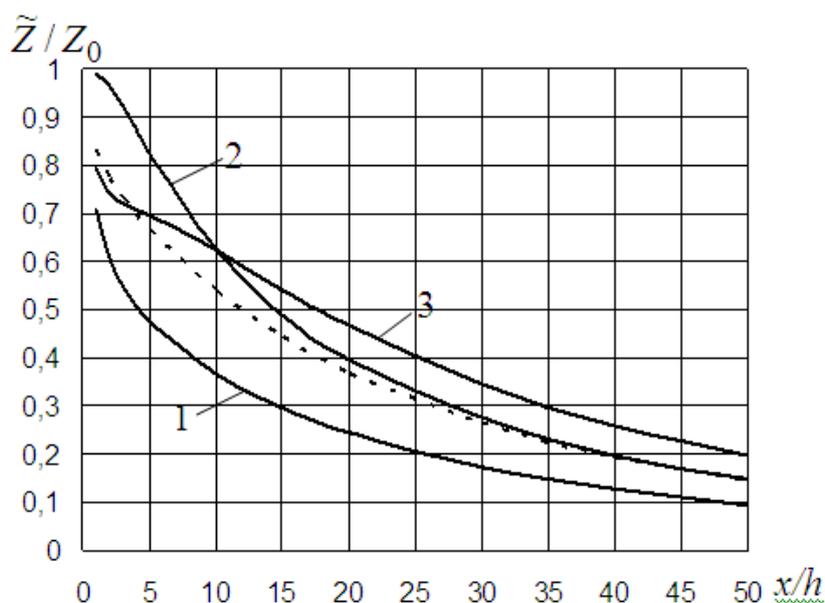


Рисунок 3 – Розподіл концентрації порошку вздовж каналу під його дахом (1), всередині (2) і у ґрунті (3)

Штриховою лінією позначена середня по висоті каналу концентрація порошку. Як показують результати моделювання, спочатку в центрі каналу концентрація навіть більша, ніж у ґрунті завдяки струменевому закінченню. Проте згодом у ґрунті вона збільшується, особливо при великих фракціях і відповідно, при збільшенні швидкості осідання порошку.

Отримані кількісні результати не суперечать загальним уявленням про поведінку аерозолів у полі сили тяжіння, проте існує потреба у встановленні адекватності розробленої моделі перенесення аерозолів натурному об'єкту.

Як показали результати моделювання переносу порошку в горизонтальному каналі значної протяжності, основними його параметрами є:

число Пекле  $Pe = u_0 h / D_v$  турбулентного перемішування частинок із потоком повітря;

відносна швидкість  $V = v_0 / u_0$  осідання порошку під дією сил тяжіння;

критерій втрат порошку  $G = \gamma h / u_0$  через зіткнення з бічними стінками виробки.

Вхідний до числа Пекле коефіцієнт поперечного переносу частинок порошку дрібних фракцій нічим не відрізняється, від турбулентного переносу молей будь-якого газу в потоці повітря:

$$D_v = D_t, \quad (45)$$

де  $D_t$  – коефіцієнт турбулентного переносу будь-якого газу в потоці повітря,  $m^2/s$ .

Однак якщо частинки порошку не дуже малі і через це частково або зовсім не захоплюються молями газу в загальний потік, то законність використання тотожності (45), як зазначається, викликає сумніви. Як виявилось, експерименти підтверджують тотожність для дуже дрібних часток (менше 1 мкм). Так для грубодисперсних аерозольних частинок відношення  $D_v/D_t$ , як виявилось за даними дослідів є набагато меншим від одиниці і дорівнює  $D_v/D_m = 0,038$  для фракції скляних кульок 100 мкм і  $D_v/D_t = 0,068$  для фракції 200 мкм при швидкості потоку повітря меншій за 10 м/с. Збільшення відношення коефіцієнтів турбулентної дифузії при збільшенні часток фракції можна пояснити впливом сили тяжіння.

Незважаючи на ці відхилення, тим більше для скляних кульок, багато дослідників, посилаючись на роботи [10, 11], використовують при розрахунках саме тотожність (45).

У роботах [12] наведені табличні дані залежності коефіцієнта поперечної турбулентної дифузії газів у потоці повітря від числа Рейнольдса в горизонтальних круглих трубах і каналах квадратного перерізу. Обробка експериментальних даних показала (рисунок 4), що ці параметри з досить високою точністю підпорядковуються лінійній залежності з величиною достовірності апроксимації  $R^2 = 0,99$ .



**Рисунок 4** – Залежність коефіцієнта поперечної турбулентної дифузії газів у потоці повітря від числа Рейнольдса в горизонтальних круглих трубах і каналах квадратного перерізу

Тут у вигляді прямої наведена лінія тренду, яка має вигляд:

$$D = D_0 + 1,1 \cdot 10^{-7} Re, \quad (46)$$

де  $D_0$  – коефіцієнт молекулярної дифузії газів (приймається рівним  $2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$  для метану або кисню в повітрі, а при великих числах Рейнольдса може рівнятися нулю).

Тут число Рейнольдса:

$$Re = \frac{uh}{\nu}, \quad (47)$$

де  $\nu$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря (приймається рівним  $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ ).

У цьому випадку число Пекле для частинок порошку можна, згідно (46) і (47), знайденим за формулою:

$$Pe = \frac{uh}{D_0 + 7,3 \cdot 10^{-3} uh}. \quad (48)$$

Для пошуку відносної швидкості  $V = v_0/u_0$  осідання частинок порошку під дією сил тяжіння використовуємо рівняння руху кожної окремо взятої частинки у вертикальній площині [13] у вигляді:

$$\frac{\pi}{6} d_c^3 \rho_c \frac{dv}{d\tau} = \zeta \frac{1}{2} \rho v |v| \frac{\pi d_c^2}{4} - \frac{\pi}{6} d_c^3 \rho_c g, \quad (49)$$

де  $d_c$  – діаметр частинки, м;

$\rho$  – густина повітря,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\rho_c$  – густина частинки,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;

$\zeta$  – коефіцієнт аеродинамічного опору частинки порошку під час руху.

Ділячи ліву і праву частини рівняння (49) на обсяг частки, отримуємо:

$$\frac{dv}{d\tau} = \zeta \frac{3\rho}{4\rho_c d_c} v |v| - g. \quad (50)$$

Запропоновано різні залежності коефіцієнта опору від числа Рейнольдса, з яких найбільш вдалою вважається формула:

$$\zeta = \frac{24}{Re_c} + \frac{4}{Re_c^{1/3}}. \quad (51)$$

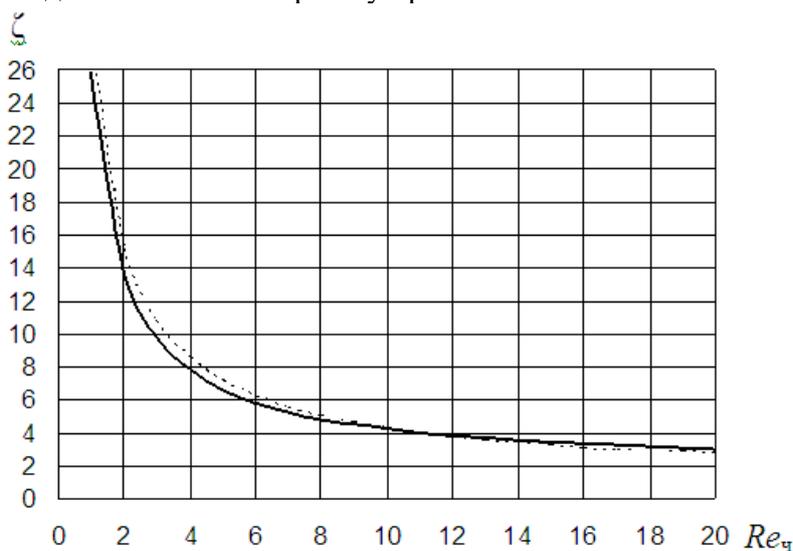
У даному випадку число Рейнольдса включає в себе замість висоти каналу діаметр частки. Аналіз величини чисел Рейнольдса показує: у разі якщо взяти найбільшу фракцію порошку  $d_{\text{ч}} = 200$  мкм і прийняти швидкість осідання  $v_0 = 1$  м/с, то максимальне число Рейнольдса дорівнюватиме:

$$Re_{\text{ч}} = \frac{v_0 d_{\text{ч}}}{\nu} = \frac{1 \cdot 200 \cdot 10^{-6}}{1,5 \cdot 10^{-5}} \approx 13.$$

У цьому випадку замість залежності (51) можна використовувати більш просту формулу:

$$\zeta = \frac{24}{Re_{\text{ч}}} + 1,8. \quad (52)$$

На рисунку 5 представлені результати розрахунку за формулами (51) і (52) зміни коефіцієнта опору падіння частинок порошку при числах  $Re_{\text{ч}} < 20$ .



**Рисунок 5** – Криві зміни коефіцієнта опору в залежності від числа Рейнольдса (переривчаста лінія за формулою (51) і суцільна лінія за формулою (52))

Порівнюючи дані розрахунку, встановлено, що максимальна помилка не перевищує 10%. Це дозволяє використовувати більш просту формулу (52). Отримана крива збігається також із даними багатьох дослідників щодо осідання шарів під дією сили тяжіння.

Будемо розглядати стаціонарний режим осідання частинок порошку. Тоді праву частину рівняння (50) можна прирівняти до нуля, в результаті чого отримаємо:

$$\zeta \frac{3\rho}{4\rho_{\text{ч}}d_{\text{ч}}} v_0 |v_0| = g. \quad (53)$$

Підставляючи формулу (52) в рівність (53), матимемо:

$$\left(\frac{24\nu}{v_0 d_{\text{ч}}} + 1,8\right) \frac{3\rho}{4\rho_{\text{ч}}d_{\text{ч}}} v_0 |v_0| = g. \quad (54)$$

Перетворимо рівняння (54) до виду:

$$\frac{1,35}{d_{\text{ч}}} v_0^2 + \frac{18\nu}{d_{\text{ч}}^2} v_0 = \rho_{\text{ч}} g / \rho. \quad (55)$$

Розв'язуючи рівняння (55) щодо шуканої швидкості осідання частинок, отримаємо:

$$v_0 = -\frac{\nu}{0,15d_{\text{ч}}} + \sqrt{\nu^2 / (0,15d_{\text{ч}})^2 + \rho_{\text{ч}} g d_{\text{ч}} / (1,35\rho)}. \quad (56)$$

Якщо прийняти коефіцієнт кінематичної в'язкості рівним  $\nu = 1,5 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с, а густину порошку  $\rho_{\text{ч}} = 1800$  кг/м<sup>3</sup>, то формула (56) набуде простого для практичних розрахунків вигляду:

$$v_0 = -\frac{100}{d_q} + \sqrt{10^4 / d_q^2 + 1,31d_q / 100}. \quad (57)$$

У таблиці 1 представлені дані розрахунку за формулою (57) щодо швидкості осідання частинок порошку при різних його фракціях.

Таблиця 1

Швидкість осідання частинок порошку при різних його фракціях

| $d_q$ , мкм | 10     | 20    | 30    | 40    | 50    | 100   | 150   | 200   |
|-------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $v_0$ , м/с | 0,0065 | 0,026 | 0,058 | 0,103 | 0,158 | 0,520 | 0,886 | 1,194 |

Таким чином, лише при фракціях порошку понад 150 мкм швидкість його осідання перевищить 1 м/с.

Критерій втрат порошку  $G = \gamma h / u_0$  через зіткнення з бічними стінками виробки визначимо, використовуючи експериментальні дані.

Під час проведення експериментів в полігонних умовах використовувався вогнегасний порошок П-2АП [14]. Лабораторний аналіз цього порошку в серії з п'яти експериментів дозволив визначити його фракційний склад. Дані про це наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Фракційний склад порошку П-2АП

| $d_i$ , мкм    | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 100 | 200 |
|----------------|----|----|----|----|----|-----|-----|
| $\delta_i$ , % | 19 | 25 | 13 | 3  | 21 | 15  | 4   |

Середньозважений діаметр частинок порошку визначався за формулою:

$$d_q = \frac{100}{\sum_{i=1}^n \delta_i / d_i}, \quad (58)$$

де  $i$  – номер фракції;

$n$  – кількість фракцій;

$\delta_i$  – процентний вміст фракції, %;

$d_i$  – діаметр  $i$ -тої фракції.

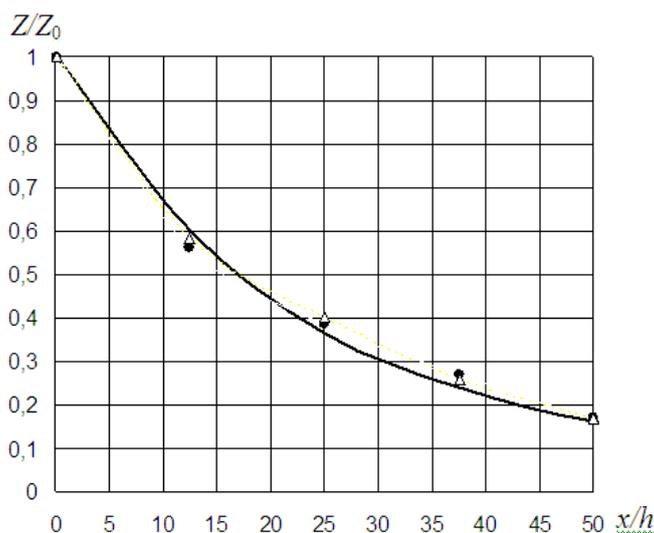
Відповідно до даних таблиці 2 за формулою (58) знайдений середньозважений діаметр фракцій порошку  $d_q = 23,5$  мкм. За цієї умови швидкість їх осідання згідно з (57) дорівнює  $v_0 = 0,036$  м/с.

Експерименти за натурних умов здійснювалися в горизонтальному довгому каналі площею поперечного перерізу  $4 \text{ м}^2$  при швидкості руху повітря  $2,5$  м/с. Подача порошку П-2АП здійснювалася установкою "Вихор" з регульованою продуктивністю, що дозволяло створювати початкову концентрацію порошку в потоці повітря  $Z_0 = 0,1 - 0,4$  кг/м<sup>3</sup>, що при витраті повітря  $Q = 10$  м<sup>3</sup>/с відповідало продуктивності установки  $G = 1 - 4$  кг/с. Вимірювання концентрації порошку здійснювалося спеціальними пробовідбірниками [1] в середній частині каналу по висоті і через кожні  $25$  м по його довжині до  $100$  м.

Для спрощення розрахунків прийнята середня по поперечному перетину концентрація порошку, яка може бути визначена із (41) за формулою:

$$Z = Z_0 \exp(-\gamma x / u). \quad (59)$$

На рисунку 6 представлені експериментальні та розрахункові дані розподілу відносної середньої по перерізу концентрації порошку по довжині каналу при початковій його концентрації  $Z_0 = 0,36 - 0,4$  кг/м<sup>3</sup>.



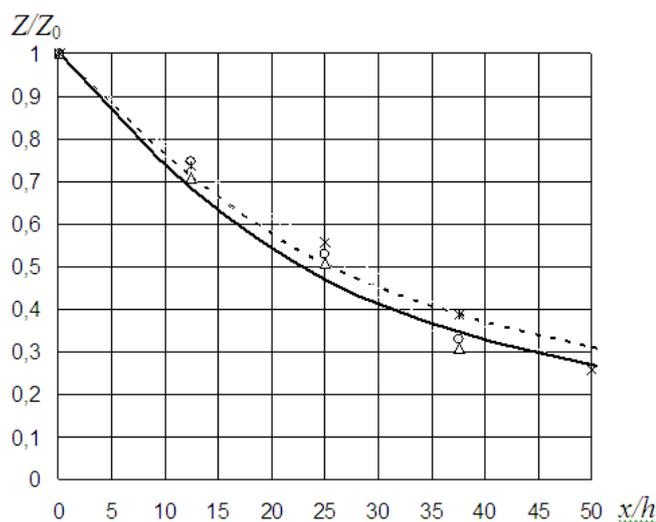
**Рисунок 6** – Результати порівняння експериментальних (маркери) і розрахункових даних (крива) розподілу відносної концентрації порошку по довжині штольні при початковій його концентрації  $Z_0 = 0,36 - 0,4 \text{ кг/м}^3$

Як показали результати порівняння розрахункових та експериментальних даних щодо розподілення вздовж каналу частинок порошку при початковій концентрації  $Z_0 = 0,36 - 0,4 \text{ кг/м}^3$ , в цьому діапазоні крива задовільно відповідає крайнім межам.

На рисунку 7 представлені експериментальні та розрахункові дані розподілення відносної концентрації порошку по довжині каналу при початковій, дещо меншій, його концентрації  $Z_0 = 0,22 - 0,26 \text{ кг/м}^3$  і  $0,1 \text{ кг/м}^3$ .

Вказаний діапазон зміни початкової концентрації порошку мало позначається на поведінці кривої. Однак при малій початковій концентрації  $Z_0 = 0,12 \text{ кг/м}^3$  спостерігається помітний зсув кривої вгору (штрихова лінія).

Таким чином, криві не універсальні і критерій втрат порошку  $G = \gamma h / u_0$  явно залежить від початкової концентрації.

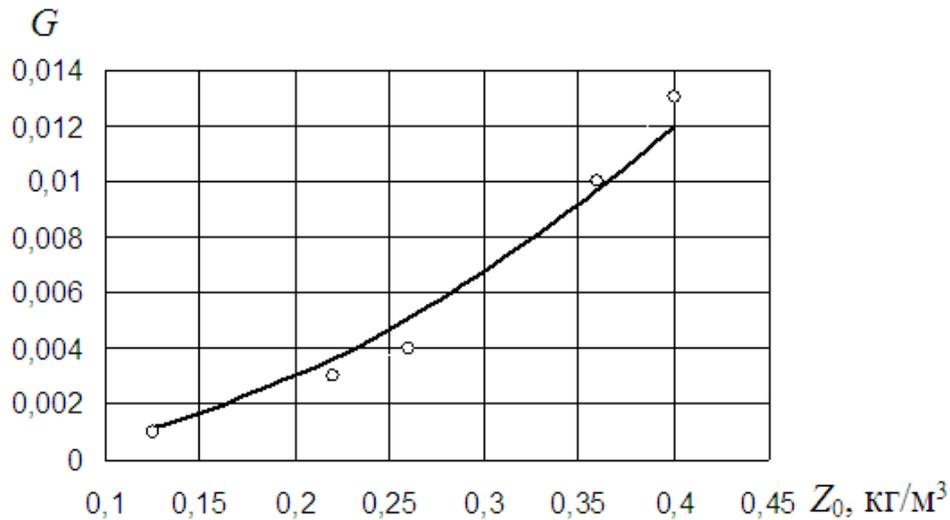


**Рисунок 7** – Результати порівняння експериментальних (маркери) і розрахункових даних розподілення відносної концентрації порошку по довжині каналу при початковій його концентрації  $Z_0 = 0,22 - 0,26 \text{ кг/м}^3$  (суцільна крива) і при  $Z_0 = 0,12 \text{ кг/м}^3$  (штрихова лінія)

Обробка експериментальних даних показала (рис. 8), що критерій швидкості осідання частинок порошку істотно залежить від початкової його концентрації.

Наведена на рисунку 8 лінія тренда степеневі залежності показує, що з достатнім ступенем точності критерій швидкості осідання частинок порошку на стінках каналу може бути знайдений за формулою:

$$G = 0,17Z_0^2 . \quad (60)$$



**Рисунок 8** – Залежність показника швидкості осідання частинок порошку на стінках каналу від його початкової концентрації

Отримані результати доводять: чим більша концентрація вогнегасного порошку, тим інтенсивніше він осідає на стінках каналу. Цей факт також зазначається в роботах [15-17], однак, при цьому вважається, що осідання на стінках каналу пов'язане ще й із силами гравітації. Тут слід розрізняти два явища: осідання на грунт каналу, якраз пов'язане з силами гравітації, і осідання на всі стінки, що пов'язане з турбулентними пульсаціями швидкості повітря. Ці два явища нічого спільного між собою не мають, але інколи виникає плутанина щодо їх визначення [17].

Встановлені зв'язки критеріїв подібності з вихідними параметрами дозволяють робити достовірний прогноз щодо кількості порошку, що надходить до осередку пожежі і розподіляється уздовж каналу. Однак це ніяким чином не свідчить про характер впливу порошку на осередок і тривалість його гасіння.

Проведемо моделювання характеру впливу вогнегасного порошку на осередок великомасштабної пожежі.

Зазвичай вважається, що флегматизуючий вплив на осередок пожежі полягає в розриві ланцюгів хімічних реакцій продуктів горіння з киснем і утворенні плівки на горючих матеріалах, що перешкоджає проникненню кисню вглиб твердої речовини.

Для моделювання використовуємо таку ж квазістаціонарну модель теплогазопереносу і систему рівнянь (58) і (59), котрі наведені у другому розділі.

Будемо вважати, що на процеси горіння флегматизуючим чином впливає концентрація вогнегасного порошку, розподілена довжиною каналу по експоненційній залежності в осередку пожежі (59). Порошок зменшує як інтенсивність, так і площу горіння. Це дозволяє функцію інтенсивності горіння, згідно (58) і (59), подати у вигляді:

$$q = \frac{\chi v_0 H_c}{1 + aZ_0 \exp(-\gamma x/u)} \frac{b}{S} \frac{C}{C_0} \exp(-k\tau_i), \quad (61)$$

де  $a$  – емпірична константа, м<sup>3</sup>/кг.

Тоді, як і раніше, підставляючи формулу (61) до системи рівнянь (59), отримаємо в безрозмірному вигляді:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{C}}{\partial \bar{x}} &= - \frac{AB}{1 + aZ_0 \exp(-\gamma \bar{x}/u)} e^{-K\bar{\tau}_i \bar{C}}; \\ \frac{\partial \bar{T}}{\partial \bar{x}} &= -St\bar{T} + \frac{B}{1 + aZ_0 \exp(-\gamma \bar{x}/u)} e^{-K\bar{\tau}_i \bar{C}}. \end{aligned} \quad (62)$$

Завдання, що стоять в першому рівнянні системи (62) в чисельнику параметри представляють собою константи по відношенню до змінної  $x$ . В цьому випадку, розділяючи змінні, рішення першого рівняння системи (62) представимо у вигляді:

$$\bar{C} = \left[ \frac{aZ_0 + 1}{aZ_0 + \exp(\gamma x / u)} \right]^b. \quad (63)$$

Параметр  $b$  для скорочення запису прийнято рівним:

$$b = \frac{AB}{\gamma / u} \exp(-K\bar{\tau}_i).$$

Очевидно, за відсутності порошку ( $Z_0=0$ ), формула (63) перетворюється на формулу (60).

На рисунку 9 представлені результати моделювання розподілу концентрації кисню у разі впливу вогнегасного порошку на осередок пожежі.

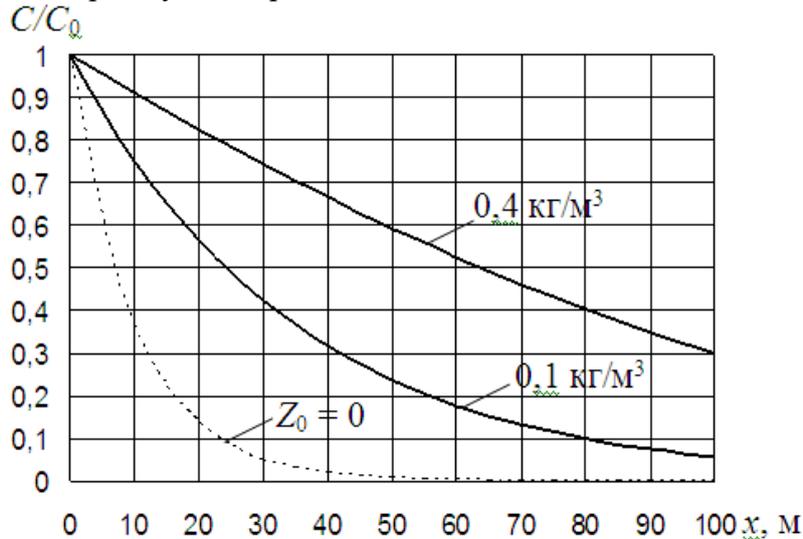


Рисунок 9 – Розподіл концентрації кисню при впливі вогнегасного порошку на осередок пожежі

Моделювання проводилося за такими параметрами:  $\bar{\tau}_i = 0$ ;  $AB = 0,1$  1/с;  $a = 25$  м³/кг. Відношення параметрів  $\gamma/h$  визначалося з використанням формули (60) при висоті каналу  $h = 2$  м.

Результати моделювання показують, що до гасіння пожежі концентрація кисню різко знижується майже до нуля через 40 – 50 м. При подачі порошку зниження концентрації кисню тим менше, чим більша його витрата.

Оскільки функція концентрації кисню відома (62), то друге рівняння системи (62) являє собою лінійне неоднорідне диференціальне рівняння першого порядку, рішення якого аналогічно (56) можна представити у вигляді:

$$\bar{T}(\bar{x}, \bar{\tau}) = e^{-St\bar{x}} \int_0^{\bar{x}} \frac{B \exp(-K\bar{\tau}_i St\xi)}{1 + aZ_0 \exp(-\gamma\xi / u)} \bar{C}(\xi, \bar{\tau}) d\xi, \quad (64)$$

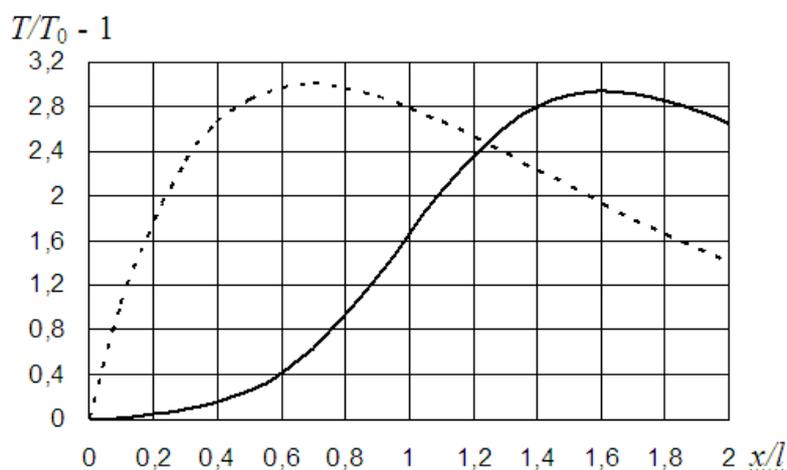
де  $\xi$  – змінна інтегрування.

Очевидно, при  $\bar{x} = 0$  розв'язок повертається в нуль, що відповідає другій граничній умові (50). Виносячи за знак інтеграла константи по відношенню до змінної  $\xi$ , замість (64), отримаємо

$$\bar{T}(\bar{x}, \bar{\tau}) = B e^{-(K\bar{w}\bar{\tau}_i + St\bar{x})} \int_0^{\bar{x}} \frac{e^{St\xi}}{1 + aZ_0 e^{-\gamma\xi / u}} \bar{C}(\xi, \bar{\tau}_i) d\xi. \quad (65)$$

Інтеграл, який увійшов до формули (65), обчислювався методом трапецій.

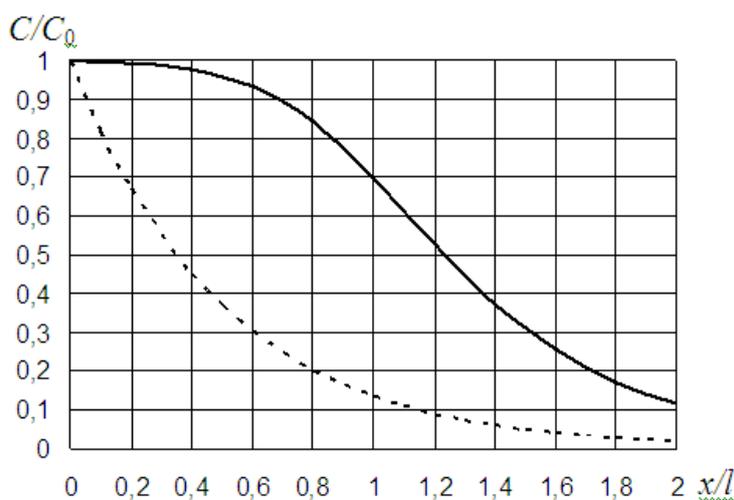
На рисунку 10 представлені результати моделювання впливу на осередок пожежі вогнегасним порошком за таких вихідних даних:  $K = 0$ ;  $St = 1$ ;  $AB = 2$ ;  $B = 12$ ;  $aZ_0 = 100$ ;  $\gamma/u = 5$ .



**Рисунок 10** – Криві розподілу відносної температури по довжині каналу до подачі порошку на осередок пожежі (штрихова лінія) і при подачі порошку (суцільна лінія)

Результати моделювання показують, що вплив порошку на осередок пожежі найбільш інтенсивно спостерігається на початку зони горіння, а потім все менше углиб її. Під час великомасштабних пожеж у результаті припинення горіння на початку осередку пожежі під впливом порошку відбувається зміщення зони горіння углиб каналу.

Флегматизуюча дія порошку позначається на концентрації кисню, який не бере участі в горінні на краю початку осередку пожежі, про що свідчать дані математичного моделювання (рисунок 11).



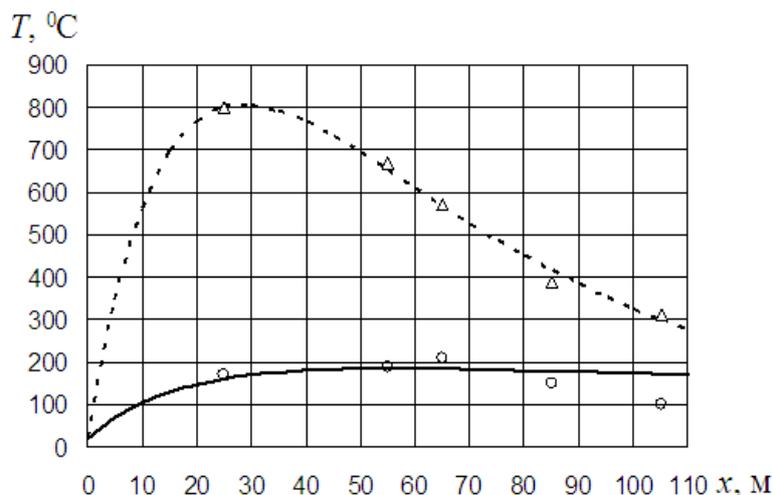
**Рисунок 11** – Розподіл відносної концентрації кисню по довжині каналу до подачі вогнегасного порошку (штрихова лінія) і при подачі порошку (суцільна крива)

Таким чином, спочатку порошок у зоні своєї дії розриває ланцюги хімічних реакцій газоподібних продуктів горіння з киснем, що позначається на температурі пожежних газів та зміщує її максимум углиб каналу.

Проведемо експериментальну перевірку адекватності математичної моделі гасіння пожеж вогнегасним порошком в натурних умовах

Для перевірки адекватності розробленої математичної моделі гасіння порошком пожеж в довгих каналах використані дані експериментальних досліджень НДІГС [18]. Вони проводилися у дослідній штольні (довгому, горизонтально розташованому каналі поперечним перерізом 4 м<sup>2</sup>, як зазначено у другому розділі), де покрівля і бічні стінки закріплені суцільним дерев'яним затягуванням на довжині 105 м. Після виникнення пожежі за допомогою порошково-пінної установки «Буря» до її осередку протягом 12 хв подавався тонкодисперсний порошок П-2АП загальною кількістю 1200 кг і продуктивністю 1,7 кг/с. Швидкість вентиляційного потоку повітря, як вказується, становила близько 3 м/с, що при

перерізі  $4 \text{ м}^2$  давало витрати повітря  $Q = 11 \text{ м}^3/\text{с}$ . Отже, початкова концентрація порошку була рівною  $Z_0 = 0,15 \text{ кг}/\text{м}^3$ . На рисунку 12 представлені дані порівняння розрахунків та експерименту під час гасіння пожежі порошком П-2АП.



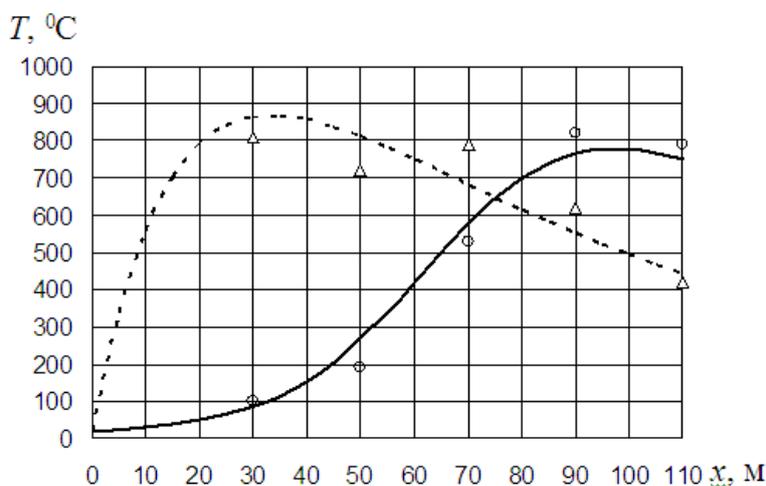
**Рисунок 12** – Результати порівняння розрахункових та експериментальних даних розподілу температури уздовж каналу до подачі порошку П-2АП (штрихова лінія і трикутні маркери) і при подачі порошку через 12 хв (суцільна лінія і кружечки)

При порівнянні розрахункових і експериментальних даних прийнято безрозмірні параметри рівними:  $aZ_0 = 6$ ;  $\gamma l/u = 0,05$ ;  $AB = 0,9$ ;  $B = 13,5$ ;  $St = 3$ .

Звідси знайдені: емпірична константа  $a = 40 \text{ м}^3/\text{кг}$ ; коефіцієнт осідання порошку на стінках каналу  $\gamma = 0,003 \text{ 1/с}$  при умовній довжині  $l = 50 \text{ м}$ ; коефіцієнт тепловіддачі стінок каналу  $\alpha = 0,2 \text{ кВт} / (\text{К} \cdot \text{м}^2)$  при периметрі поперечного перерізу каналу  $\Pi = 8 \text{ м}$ .

Як показують результати порівняння, розроблена модель впливу на осередок пожежі порошком повністю адекватна натурному об'єкту. Вплив порошком призводить до зниження температури в зоні горіння – до  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ , що є недостатнім, тому й не випадково, що подальше гасіння пожежі проводиться піною. Крім того, була розроблена установка «Буря» порошково-пінного гасіння пожеж.

В іншій роботі [1] наводяться дані з гасіння пожежі порошком П-3АТ. Цього разу дерев'яною затяжкою було закріплено  $110 \text{ м}$  тієї ж дослідної штольні. Після виникнення пожежі через деякий проміжок часу установкою "Буря" подавався порошок П-3АТ протягом  $12 \text{ хв}$ . Витрати повітря цього разу були приблизно рівними  $Q = 11 \text{ м}^3/\text{с}$ , а початкова концентрація порошку –  $Z_0 = 0,25 \text{ кг}/\text{м}^3$ . На рисунку 13 представлені дані порівняння розрахунків та експерименту під час гасіння пожежі порошком П-3АТ.



**Рисунок 13** – Результати порівняння розрахункових та експериментальних даних розподілу температури уздовж каналу до подачі порошку П-3АТ (штрихова лінія і трикутні маркери) і при подачі порошку через 12 хв (суцільна лінія і кружечки)

При порівнянні розрахункових і експериментальних даних прийняті безрозмірні параметри рівними:  $aZ_0 = 100$ ;  $\gamma l/u = 4$ ;  $AB = 0,6$ ;  $B = 13$ ;  $St = 3$ .

Звідси знайдені: емпірична константа  $a = 400 \text{ м}^3/\text{кг}$ ; коефіцієнт осідання порошку на стінках каналу  $\gamma = 0,22 \text{ л/с}$  за умовної довжини  $l = 50 \text{ м}$ ; коефіцієнт тепловіддачі стінок каналу є таким же і дорівнює  $\alpha = 0,2 \text{ кВт}/(\text{К}\cdot\text{м}^2)$  при периметрі поперечного перерізу каналу  $\Pi = 8 \text{ м}$ .

Якщо в першому випадку при застосуванні порошку П-2АП температура по всій довжині каналу знизилася до  $200^\circ\text{C}$ , то в другому – при застосуванні порошку П-3АТ – вона знизилася до  $100^\circ\text{C}$  на ділянці  $35 \text{ м}$ , а потім зростала до  $200^\circ\text{C}$  на решті довжини до  $50 \text{ м}$ . За межами цієї ділянки температура продовжувала зростати до  $800^\circ\text{C}$ . Це повністю відповідає результатам математичного моделювання впливу на осередок пожежі порошком за даними рисунку 13 і рисунку 10. Не випадково в керівному документі [19] щодо застосування порошоків для гасіння пожеж у гірничих виробках рекомендовано довжину до  $35 \text{ м}$  для ефективної дії установки «Буря». Отже для подальшого впливу на осередок пожежі після подачі порошку застосовується піна.

Отже, наші теоретичні дослідження переконливо довели, що для найбільш повної і достовірної картини процесів розвитку і гасіння великомасштабних пожеж порошками і піною необхідно розглядати не середньооб'ємні температури, а їх розподіл по довжині залежно від розподілів концентрації кисню, порошку та піни.

Проведемо експериментальні дослідження ефективності гасіння пожеж у кабельних тунелях порошками за допомогою рециркуляції летких продуктів згоряння.

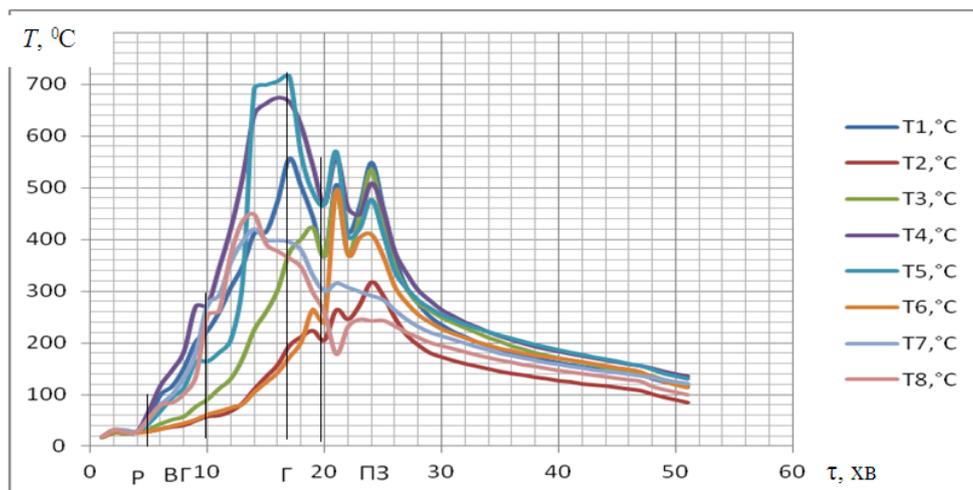
Для проведення експериментальних досліджень впливу на осередок пожежі порошками і за допомогою рециркуляції в лабораторних умовах використовувалася установка визначення горіння кабелю та ефективності гасіння різними вогнегасними речовинами в закритих об'ємах класу «А», «В», «Е».

Цього разу застосування методів гасіння в лабораторних умовах здійснювалось на момент розповсюдження горіння до  $85-90\%$  довжини кабельної ділянки ( $15$ -та хвилина), при цьому температура сягала максимуму на  $12$ -й хвилині від початку досліду.

Вільне горіння триває  $5-6$  хвилин до припинення зростання температури, а це  $700 - 750^\circ\text{C}$ .

Гасіння проводиться при досягненні температури  $700^\circ\text{C}$ . Мінімальний приплив повітря до камери для підтримання горіння  $5 \text{ кг}$  кабельної ізоляції повинен становити  $0,0235 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Під час гасіння осередку пожежі порошком в першому експерименті (рисунок 14) його подача ( $1 \text{ кг}$ ) тривала  $0,5$  хвилини до зникнення полуменевого горіння.

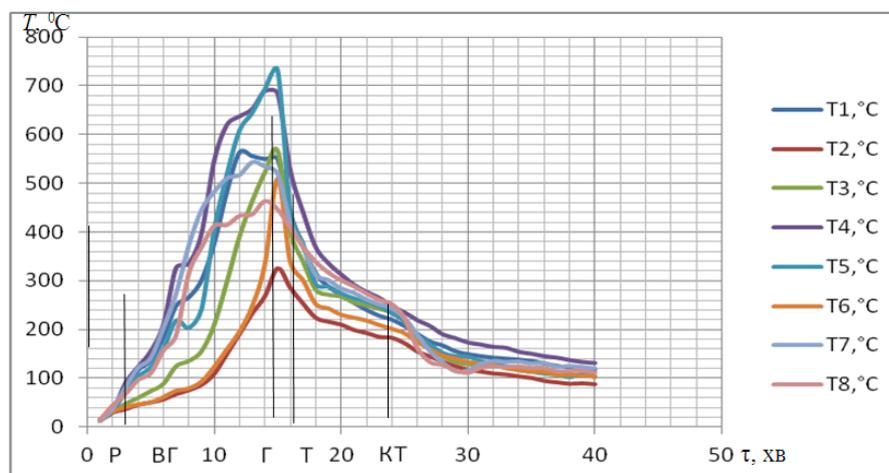


**Рисунок 14** – Експериментальні криві зміни температури в камері у часі за даними термодатчиків в першому експерименті (подача порошку  $1 \text{ кг}$  протягом  $0,5 \text{ хв}$  і при рециркуляції  $2,5 \text{ хв}$ ): Р – розпалювання; ВГ – вільне горіння; Г – гасіння; Т – тління; КТ – кінець тління

Тут струмінь порошку спрямований перпендикулярно до кабельної лінії, на відстані  $0,5 \text{ м}$  від неї, в режимі рециркуляції, швидкість потоку продуктів горіння становить  $3 \text{ м/с}$ , а температура  $67^\circ\text{C}$ . Через дві хвилини після початку гасіння вимикаємо рециркуляцію і відновлюємо

надходження повітря при працюючій припливній вентиляції і притоком повітря  $0,0235 \text{ м}^3/\text{с}$  (швидкість потоку повітря  $3 \text{ м}/\text{с}$ ), внаслідок чого через  $1 \text{ хв}$  відбувається повторне загоряння.

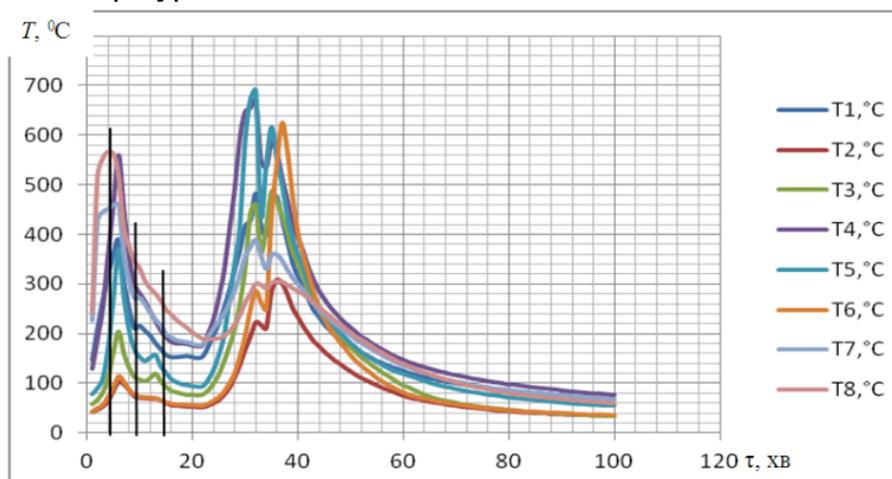
У другому експерименті (рисунок 15) подача порошку ( $2 \text{ кг}$ ) тривала протягом  $50 \text{ с}$  до зникнення полуменевого горіння.



**Рисунок 15** – Експериментальні криві зміни температури в камері у часі за даними термодатчиків у другому експерименті (подача порошку  $2 \text{ кг}$  протягом  $50 \text{ с}$  і при рециркуляції  $10 \text{ хв}$ )

Подавання порошку здійснювалося при вимкненій припливній вентиляції і працюючій рециркуляції. В режимі рециркуляції швидкість потоку продуктів горіння –  $3 \text{ м}/\text{с}$ , температура –  $67 \text{ }^\circ\text{C}$ . Струмінь порошку подавали з нижнього рівня камери під кабельну лінію на відстані  $0,5 \text{ м}$  від неї. Через десять хвилин після початку гасіння вимикалася рециркуляція і відновлювалося надходження повітря при працюючій припливній вентиляції. Під час гасіння спостерігалось тління, яке припинилось через  $7 \text{ хв}$  після закінчення гасіння.

У третьому експерименті (рисунок 16) подавання порошку ( $1 \text{ кг}$ ) тривало протягом  $30 \text{ с}$  при досягненні температури  $560 \text{ }^\circ\text{C}$ .

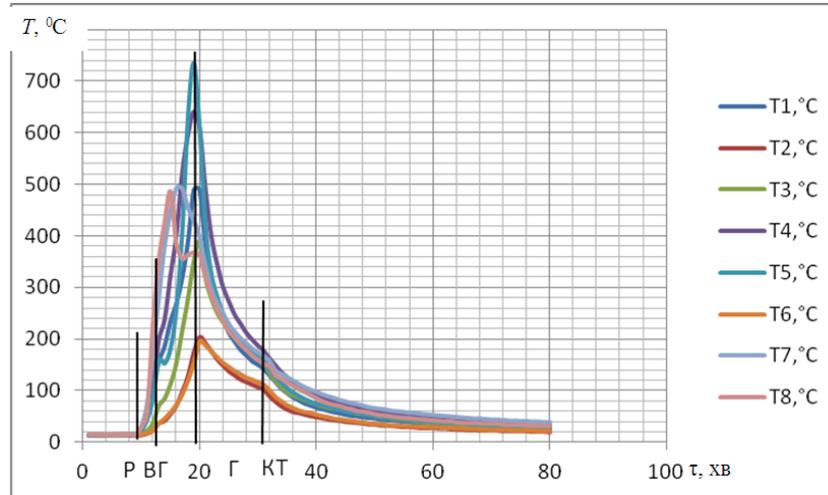


**Рисунок 16** – Експериментальні криві зміни температури в камері у часі за даними термодатчиків у третьому експерименті (подача порошку  $1 \text{ кг}$  протягом  $30 \text{ с}$  і при рециркуляції  $30 \text{ с}$  з подальшою подачею порошку ще  $2 \text{ рази}$ )

Вільне горіння тривало протягом  $7 \text{ хв}$  при працюючій припливній вентиляції з витратою  $0,047 \text{ м}^3/\text{с}$ , в камері температура сягала  $560 \text{ }^\circ\text{C}$  і не зростала. Гасіння проводилося при досягненні температури  $560 \text{ }^\circ\text{C}$ . Подавання порошку ( $1 \text{ кг}$ ) тривало протягом  $30 \text{ с}$ , до зникнення полуменевого горіння, при вимкненій припливній вентиляції і працюючій рециркуляції, повторне загоряння почалося через  $3 \text{ хв}$  після гасіння. Повторне гасіння тривало  $32 \text{ з}$  використанням  $650 \text{ г}$  порошку, загоряння знову відновилося через  $3 \text{ хв}$ . Третє гасіння тривало  $15 \text{ с}$ , використовувалось  $250 \text{ г}$  порошку, рециркуляція відбувалась через  $2 \text{ хв}$ ,

загоряння через 2,5 хв. В режимі рециркуляції швидкість потоку продуктів горіння дорівнювала 3 м/с, температура 67 °С. Струмінь порошку подавали до газопровідної мережі вентиляції. Мінімальний приплив повітря до камери для підтримання горіння (5 кг) кабельної ізоляції має становити 0,0235 м<sup>3</sup>/с.

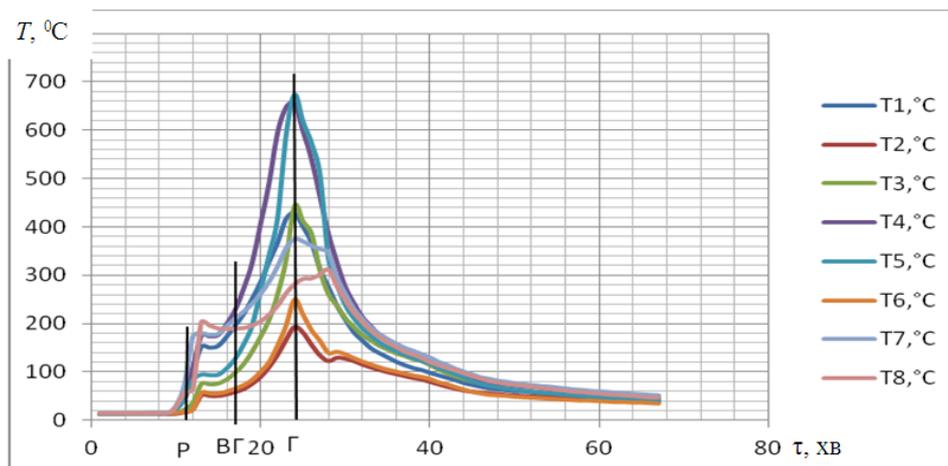
У четвертому експерименті (рисунок 17) подавання порошку 130 г тривало протягом 5 с до зникнення полуменевого горіння.



**Рисунок 17** – Експериментальні криві зміни температури в камері у часі за даними термодатчиків в четвертому експерименті (подача порошку 130 протягом 5 с і при рециркуляції 10 хв)

Подавання 130 г порошку тривало протягом 5 с при вимкненій припливній вентиляції і працюючій рециркуляції. В режимі рециркуляції швидкість потоку продуктів горіння дорівнює 3 м/с, температура – 67 °С. Рециркуляція відбувається протягом 10 хв. Струмінь порошку подавали до вентиляції. Після гасіння спостерігалось тління, яке припинилося через 6 хв після закінчення гасіння.

На рисунку 18 представлені експериментальні дані, отримані в лабораторних умовах, з гасіння пожежі способом рециркуляції пожежних газів.



**Рисунок 18** – Експериментальні криві зміни температури в камері у часі за даними термодатчиків при рециркуляції пожежних газів

У цьому разі вільне горіння тривало протягом 7 хв, а гасіння рециркуляцією – 12 хвилин. Повторного загоряння не відбувалося. В режимі рециркуляції швидкість потоку продуктів горіння становить 3 м/с, температура – 67 °С.

Для встановлення ефективності гасіння пожеж у кабельних тунелях вогнегасним порошком математичне моделювання впливу на середовище проводилося роздільно (спочатку засобами рециркуляції, а потім з одночасним застосуванням порошку і рециркуляції).

При застосуванні рециркуляції на осередок пожежі повинні подаватися продукти згорання. У цьому випадку систему рівнянь (38) будемо розв'язувати не за явною схемою, а за комбінованою (явною і неявною) [19, 20], що дає велику точність і більший крок за часом. Як приклад розглянемо диференціальне рівняння виду:

$$f'(\tau) = -f(\tau). \quad (66)$$

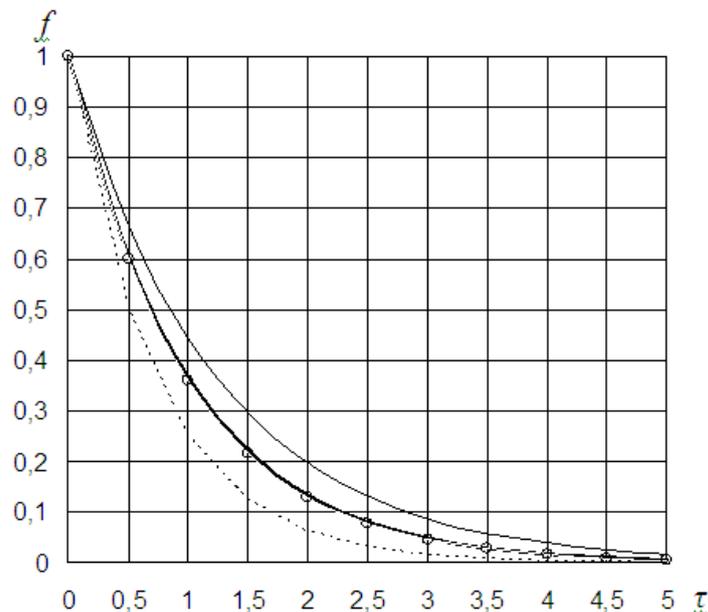
Як відомо, розв'язком цього рівняння за початкової умови  $f(0) = 1$ , є експонента:

$$f(\tau) = \exp(-\tau). \quad (67)$$

Розв'язуватимемо це рівняння чисельними методами: за явною, неявною та комбінованою схемами відповідно:

$$f^{n+1} = (1 - \Delta\tau)f^n; \quad f^{n+1} = \frac{f^n}{1 + \Delta\tau}; \quad f^{n+1} = \frac{1 - \Delta\tau/2}{1 + \Delta\tau/2} f^n. \quad (68)$$

На рисунку 19 представлені результати розрахунку за цими формулами і по експоненті (67).



**Рисунок 19** – Результати розрахунку чисельними методами диференціального рівняння (66) (жирна лінія – точне рішення, штрихова лінія – явна схема, тонка лінія – неявна схема, маркери – комбінована схема)

Як видно, комбінована схема (з однаковою питомою вагою явною і неявною) дає, по суті, точний розв'язок задачі навіть при кроці за часом  $\Delta\tau = 0,5$ . Тому замість явної схеми, використовуючи систему рівнянь (38), будемо розв'язувати її за комбінованою схемою, приймаючи  $\bar{D} = \bar{a}_1 = 0$ . У результаті отримаємо таку систему рівнянь для комбінованої схеми:

$$\begin{aligned} \bar{C}_m^{n+1} &= \frac{[1 - (Cu + AB\bar{q}_m^n)/2]\bar{C}_m^n + Cu\bar{Z}_m^n}{1 + (Cu + AB\bar{q}_m^n)/2}, \\ \bar{T}_m^{n+1} &= \frac{[1 - Cu(1 + St)/2]\bar{T}_m^n + St\bar{\theta}_m^n + B\bar{q}_m^n Cu(\bar{C}_m^n + \bar{C}_m^{n+1})/2}{1 + Cu(1 + St)/2}, \\ \bar{\theta}_m^{n+1} &= \frac{(1 - \bar{a}_2/2)\bar{\theta}_m^n + \bar{a}_2\bar{T}_m^n}{1 + \bar{a}_2/2}. \end{aligned} \quad (69)$$

Тут параметр  $\bar{Z}_m^n$  означає відносну концентрацію кисню перед осередком пожежі. У розімкненому контурі це концентрація кисню при нормальних умовах  $\bar{Z}_m^n = 1$ . У замкненому контурі при рециркуляції параметр  $\bar{Z}_m^n$  визначається з використанням ще одного рівняння:

$$V_1 \frac{dZ}{d\tau} = -(Z - C)Q + (C_0 - C)Q_1, \quad (70)$$

де  $V_1$  – об'єм зони рециркуляції пожежних газів за винятком зони горіння,  $m^3$ ;

$Q$  – витрата пожежних газів,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$Q_I$  – підсмоктування повітря,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Аналіз рівняння (70) доводить, що зміна концентрації кисню в часі в зоні рециркуляції за межами осередку пожежі відбуватиметься через надходження до цього об'єму концентрації кисню з осередку та із зовнішнього середовища. Так, за відсутності підсмоктувань чистого повітря ( $Q_I = 0$ ), чого в реальних умовах навряд чи можна досягти, утворюється повністю замкнений контур. При підсмоктуванні чистого повітря контур є повністю розімкненим ( $Q_I = Q$ ) і до осередку пожежі буде надходити чисте повітря з концентрацією  $Z = C_0$ .

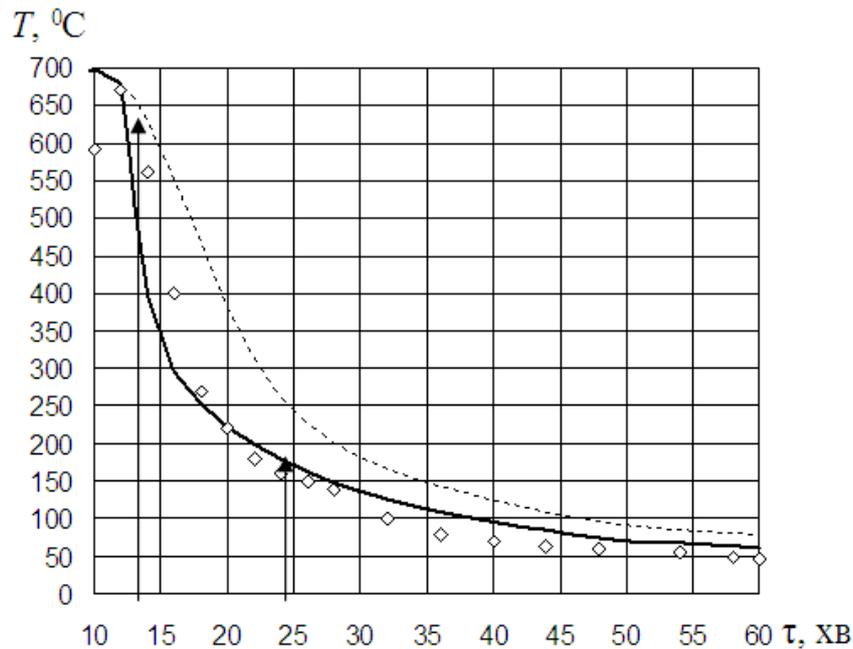
Представимо рівняння (70) в кінцевих різницях

$$\bar{Z}_m^{n+1} = (1 - Cu_1)\bar{Z}_m^n + (1 - \bar{Q}_1)Cu_1\bar{C}_m^n + Cu_1\bar{Q}_1, \quad (71)$$

де  $Cu_1 = Q\Delta\tau/V_1$  – число Куранта перед зоною горіння;

$\bar{Q}_1 = Q_I/Q$  – відносна величина підсмоктування повітря.

Отримана система рівнянь (69) і (71) дозволяє моделювати процеси горіння в кабельному каналі як без рециркуляції пожежних газів, так і при їх рециркуляції. Розрахунки за формулами (69) в розімкненому контурі при горінні в кабельному тунелі показали, що ці результати повністю збігаються з тими результатами, які отримані в другому розділі. На рисунку 20 представлені експериментальні та розрахункові дані динаміки температури пожежних газів при їх рециркуляції.

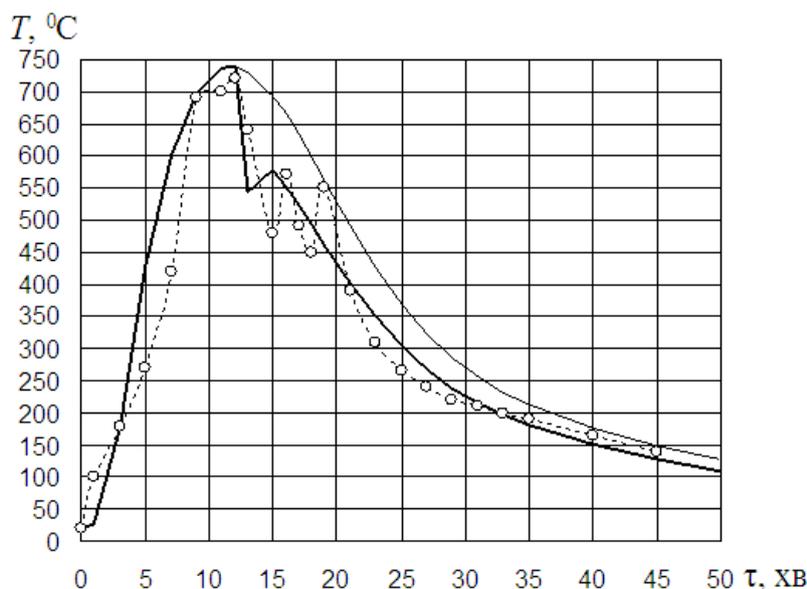


**Рисунок 20** – Результати порівняння розрахункових та експериментальних даних динаміки максимальної температури пожежних газів при їх рециркуляції в кабельному тунелі (маркери – експериментальні дані відповідно до рис. 18, суцільна крива – розрахункові дані при рециркуляції, пунктирна лінія – розрахункові дані без рециркуляції)

Стрілками вказані початок і кінець рециркуляції. Очевидно, що більш тривала рециркуляція призвела б до більш значного ефекту.

У розрахунках для найкращої збіжності розрахункових і експериментальних даних прийнято число Куранта в рециркуляційному потоці  $Cu_1 = 0,05$  і відносна підсмоктування повітря  $\bar{Q}_1 = 0,1$ . Інші параметри прийняті рівними:  $Cu = 0,5$ ;  $A = 0,02$ ;  $B = 600$ ;  $St = 4,5$ .

На рисунку 21 наведені розрахункові та експериментальні дані впливу на осередок пожежі вогнегасним порошком і короткочасною рециркуляцією пожежних газів.

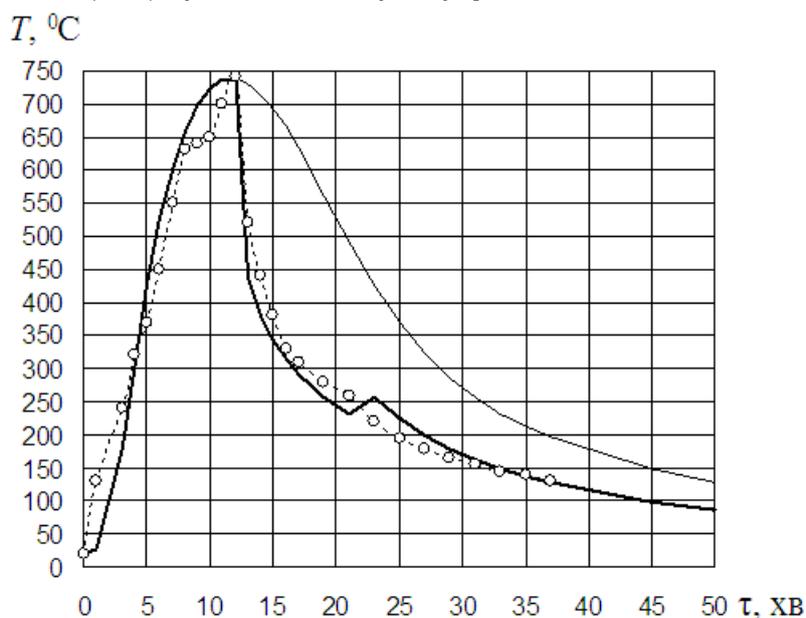


**Рисунок 21** – Результати порівняння розрахункових та експериментальних даних динаміки температури пожежних газів при їх короткочасній рециркуляції і подачі порошку протягом 30 с в кабельному тунелі (маркери – експериментальні дані відповідно до рис. 14, жирна лінія – розрахункові дані при рециркуляції, тонка – розрахункові дані без рециркуляції і без подачі порошку)

Як видно (рисунок 21), дані моделювання достовірно відтворюють як процеси горіння, так і гасіння пожежі. Однак короткочасна подача порошку (всього 0,5 хв ( і рециркуляція (2 хв) майже не чинять помітного впливу на осередок пожежі.

При виконанні розрахунків в цьому випадку прийнято також число Куранта в рециркуляційному потоці  $Cu_1 = 0,05$ , а відносні підсмоктування повітря  $\bar{Q}_1 = 0,1$ . У той же час число Стантона  $St = 5$ , параметри  $A = 0,02$  і  $B = 700$ . Подача порошку призвела, як показують розрахункові дані, до зменшення поверхні горіння  $F$  на 20%, в результаті чого параметр  $B$  зменшено з 700 до 560.

На рисунку 22 наведені розрахункові та експериментальні дані впливу на осередок пожежі вогнегасним порошком (2 кг) протягом 50 с і рециркуляцією пожежних газів протягом 10 хв.



**Рисунок 22** – Результати порівняння розрахункових та експериментальних даних динаміки температури пожежних газів при їх тривалій рециркуляції протягом 10 хв і подачі (2 кг) порошку протягом 50 с до кабельного тунелю (маркери – експериментальні дані відповідно до рис. 15, жирна лінія – розрахункові дані при рециркуляції, тонка – розрахункові дані без рециркуляції і без подачі порошку)

Більш тривала подача порошку призвела, як показують розрахункові дані, до зменшення поверхні горіння на 30%, в результаті чого параметр  $B$  зменшено з 700 до 500.

Із порівняння даних експериментів (рис. 21 і рис. 22) випливає, що більш тривала рециркуляція пожежних газів протягом 10 хв і подача порошку з інтенсивністю приблизно 2 кг/хв, хоча б протягом хвилини, призводять до ефективного впливу на осередок пожежі.

Таким чином, експерименти в лабораторних умовах показали, що короткочасна і періодична подача порошку на осередок пожежі разом із рециркуляцією продуктів згорання дозволяє ефективно впливати на цей процес і економно використовувати порошок. У той же час, гасіння осередку порошком під час великомасштабних пожеж потребує тривалої подачі порошку і повинно проводитися протягом 10 – 12 хв до зниження температури 100 - 200 °С. Після цього необхідно переходити на режим рециркуляції пожежних газів або використовувати інші засоби пожежогасіння.

### Висновки

1. Розроблено математичну модель стаціонарного перенесення аерозолів (порошку) потоком повітря в довгих каналах з урахуванням їх вертикальної турбулентної дифузії, осідання на стінках за рахунок пульсацій повітря і осідання на ґрунт каналу під дією сили тяжіння.

2. Отримано аналітичну залежність концентрації порошку від положення частинок по довжині каналу і по висоті при різній швидкості струменевого закінчення й подальшого руху та перемішування в потоці повітря з урахуванням початкової концентрації порошку і коефіцієнтів швидкості осідання.

3. Встановлено адекватність математичної моделі натурному об'єкту щодо перенесення порошку супутнім потоком повітря. За результатами порівняння розрахункових та експериментальних даних визначено коефіцієнт турбулентної дифузії залежно від числа Рейнольдса, а також коефіцієнти швидкостей осідання частинок порошку під дією сили тяжіння і пульсацій швидкості повітря, а також від діаметра частинок в діапазоні їх зміни від 10 до 200 мкм і початкової концентрації порошку.

4. Розроблено квазістаціонарну математичну модель гасіння великомасштабних пожеж вогнегасним порошком, вплив якого здійснюється шляхом зменшення швидкості вигорання матеріалу при збільшенні концентрації порошку в потоці повітря, що відбивається на розподілі по довжині каналу як концентрації кисню, так і температури пожежних газів.

5. Отримано аналітичні залежності концентрації кисню і температури пожежних газів від початкової концентрації порошку, коефіцієнта швидкості його осідання і параметрів осередку по всій довжині зони горіння, що змінюється з часом.

6. Встановлено адекватність математичної моделі натурному об'єкту при гасінні двох великомасштабних пожеж порошком П-2АП і П-3АТ на довжині зони розташування горючого матеріалу до 100 – 110 м в реальних умовах і показана необхідність комплексного впливу на осередок пожежі порошками та іншими засобами пожежогасіння. Розрахункові криві з достатнім ступенем точності відображають тепломасообмінні процеси як до застосування порошоків, так і при їх впливі на осередок пожежі. Отримані результати можуть бути використані при прогнозуванні ефективності гасіння пожеж порошком в каналах значної протяжності і для вибору оптимальних параметрів роботи установки порошкового пожежогасіння та її відстані до осередку.

7. Проведено експериментальні дослідження в лабораторних умовах гасіння пожеж у кабельних тунелях вогнегасним порошком з одночасною рециркуляцією продуктів згорання. Теоретичними та експериментальними дослідженнями встановлено, що економна, короткочасна і періодична подача порошку до осередку пожежі призводить до ефективного її гасіння, особливо при перпендикулярному подаванні порошку до потоку повітря. Ефективність гасіння ще більше посилюється при застосуванні додаткової рециркуляції продуктів згорання.

**Список використаних джерел**

1. Король А. О. Обґрунтування параметрів подачі вогнегасних порошків при дистанційному гасінні підземних пожеж : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 21.06.02 "Пожежна безпека" / Король Анатолій Олексійович ; Держ. н.-д. ін-т з безпеки робіт у гірн. пром-сті. – Макіївка, 2005. – 170 с.
2. Король А. О. Гасіння пожеж тонкодисперсними порошками / А. О. Король // Вугілля України. – 2003. – С. 42–43.
3. Бабуха Г. Л., Рабінович М. І. Механіка і теплообмін полідисперсних потоків газозважених сумішей. – Київ : Наукова думка, 1968. – 218 с.
4. Броунштейн Б. І., Тодес О. М. Обчислення пульсаційних швидкостей і коефіцієнтів тепло - і масопередачі для твердих частинок у турбулентному потоці // Тр. Одеськ. ун-ту. Сер. фіз. наук. – 1962. – Т. 152, № 8. – С. 85–90.
5. Liu Sanwei, Huang Fuyong, Gong Liang, Duan Xiaoli, Chao Yafeng, Duan Jianjia, Yue Yishi. Research summary of cable channel fire extinguishing technology // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 233. – Article 04022.
6. Chow W. On the Evaporation Effect of a Sprinkler Water Spray // Fire Technology. – 1989. – Vol. 25, Nov. – P. 364–373.
7. Константінов С. М. Технічна термодинаміка. – Київ : Політехніка, 2001. – 368 с.
8. Лабай В.Й. Тепло масообмін: Підручник для ВНЗ. – Львів: Тріада Плюс, 1998. – 260 с.
9. Ковалишин В. В. Моделювання впливу парогазових потоків на пожежу в каналах великої довжини /В. В. Ковалишин // Науковий вісник Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки. – Київ: УкрНДЦЗ, 2011. – № 2 (24). – С. 191 – 199.
10. Михайлова Н. А. Перенос твердих частинок турбулентними потоками води. – Л. : Гідрометеоіздат, 1966. – 188 с.
11. Fuchs N. A. Mechanics of Aerosols. – Oxford : Pergamon Press, 1964. – 408 p.
12. Householder M. K., Goldschmidt V. W. Turbulent diffusion and Schmidt number of particles // Proc. ASCE. – 1969. – Vol. 95, Dec., EM6. – P. 1345–1367.
13. Величко Л. Д., Лозинський Р. Я., Семерак М. М. Термодинаміка та теплопередача в пожежній справі: Навчальний посібник. – Львів: Вид-во «СПОЛОМ», 2011 – 504с.
14. Король А. О. Дистанційне гасіння підземних пожеж тонкодисперсним порошком /А.О. Король // Пожежна безпека : зб. наук. пр. – Львів: Вид-во «СПОЛОМ», 2001. – С. 213–215.
15. Пашковський П. С., Король А. О. Математична модель перенесення тонкодисперсного вогнегасного порошку у провітрюваній гірничій виробці. – Київ : УкрНДІПБ МНС України, 2002. – № 1 (5). – С. 43–48.
16. Король А. О. Рух тонкодисперсних порошків у гірничих виробках // Гірничорятувальна справа : зб. наук. пр. / НДІГД «Респіратор». – Донецьк, 2002. – С. 37–48.
17. Пашковський П. С., Зінченко І. М., Король А. О. Розподіл вогнегасного порошку в гірничій виробці // Пожежна безпека – 2003 : матеріали VI наук.-практ. конф. – Харків : Академія пожежної безпеки України, 2003. – С. 144–146.
18. Чарков В. П., Король А. О., Засевський В. П. Комбіноване гасіння підземних пожеж порошком і піною // Ведення гірничорятувальних робіт і попередження аварій : зб. наук. пр. / ВНДІГД. – Донецьк, 1984. – С. 73–79.
19. Возняк Л. С., Шарин С. В. Чисельні методи. – Івано-Франківськ : Плай, 2001. – 64 с.
20. Шкіль М. І. Математичний аналіз. Ч. 1. – Київ : Вища школа, 1994. – 423 с.

**References**

1. Korol A. O. Justification of Parameters for Supplying Fire-Extinguishing Powders in Remote Extinguishing of Underground Fires: Author's Abstract of Candidate of Technical Sciences Dissertation, Specialty 21.06.02 "Fire Safety" / Korol Anatoliy Oleksiyovych; State Research Institute of Work Safety in Mining Industry. – Makiivka, 2005. – 170 p.
2. Korol A. O. Extinguishing Fires with Fine Dispersed Powders / A. O. Korol // Coal of Ukraine. – 2003. – P. 42–43.

3. Babukha H. L., Rabinovich M. I. *Mechanics and Heat Transfer of Polydisperse Flows of Gas-Solid Mixtures*. – Kyiv: Naukova Dumka, 1968. – 218 p.
4. Brownshtein B. I., Todes O. M. *Calculation of Pulsation Velocities and Heat and Mass Transfer Coefficients for Solid Particles in Turbulent Flow // Proc. Odessa University. Series of Physical Sciences*. – 1962. – Vol. 152, No. 8. – P. 85–90.
5. Liu Sanwei, Huang Fuyong, Gong Liang, Duan Xiaoli, Chao Yafeng, Duan Jianjia, Yue Yishi. *Research Summary of Cable Channel Fire Extinguishing Technology // E3S Web of Conferences*. – 2021. – Vol. 233. – Article 04022.
6. Chow W. *On the Evaporation Effect of a Sprinkler Water Spray // Fire Technology*. – 1989. – Vol. 25, Nov. – P. 364–373.
7. Konstantinov S. M. *Technical Thermodynamics*. – Kyiv: Politechnika, 2001. – 368 p.
8. Labay V. Y. *Heat and Mass Transfer: Textbook for Higher Education Institutions*. – Lviv: Triada Plus, 1998. – 260 p.
9. Kovalishyn V. V. *Modeling the Influence of Steam-Gas Flows on Fire in Long Channels / V. V. Kovalishyn // Scientific Bulletin of the Ukrainian Research Institute of Fire Safety*. – Kyiv: UkrNDICZ, 2011. – No. 2 (24). – P. 191–199.
10. Mikhaylova N. A. *Transport of Solid Particles by Turbulent Water Flows*. – Leningrad: Gidrometeoizdat, 1966. – 188 p.
11. Fuchs N. A. *Mechanics of Aerosols*. – Oxford: Pergamon Press, 1964. – 408 p.
12. Householder M. K., Goldschmidt V. W. *Turbulent Diffusion and Schmidt Number of Particles // Proc. ASCE*. – 1969. – Vol. 95, Dec., EM6. – P. 1345–1367.
13. Velychko L. D., Lozynskyi R. Ya., Semerak M. M. *Thermodynamics and Heat Transfer in Firefighting: Textbook*. – Lviv: SPOLON Publishing, 2011. – 504 p.
14. Korol A. O. *Remote Extinguishing of Underground Fires with Fine Dispersed Powder / A. O. Korol // Fire Safety: Collection of Scientific Papers*. – Lviv: SPOLON Publishing, 2001. – P. 213–215.
15. Pashkovskyi P. S., Korol A. O. *Mathematical Model of Transport of Fine Dispersed Fire-Extinguishing Powder in a Ventilated Mining Work*. – Kyiv: UkrNDIPB MES of Ukraine, 2002. – No. 1 (5). – P. 43–48.
16. Korol A. O. *Movement of Fine Dispersed Powders in Mining Workings // Mining Rescue Work: Collection of Scientific Papers / Research Institute “Respirator.” – Donetsk, 2002*. – P. 37–48.
17. Pashkovskyi P. S., Zinchenko I. M., Korol A. O. *Distribution of Fire-Extinguishing Powder in a Mining Work // Fire Safety – 2003: Proceedings of the 6th Scientific-Practical Conference*. – Kharkiv: Academy of Fire Safety of Ukraine, 2003. – P. 144–146.
18. Charkov V. P., Korol A. O., Zasevskii V. P. *Combined Extinguishing of Underground Fires with Powder and Foam // Conducting Mining Rescue Work and Preventing Accidents: Collection of Scientific Papers / VNDIGD*. – Donetsk, 1984. – P. 73–79.
19. Voznyak L. S., Sharyn S. V. *Numerical Methods*. – Ivano-Frankivsk: Plai, 2001. – 64 p.
20. Shkil M. I. *Mathematical Analysis. Part 1*. – Kyiv: Vyshcha Shkola, 1994. – 423 p.

## ВПЛИВ ВІЙНИ НА РОЗВИТОК ПРОТИМІННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УКРАЇНІ

### Василь МАТУХНО

кандидат технічних наук, доцент, заступник начальника кафедри протимінної діяльності Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, vasilmatukhno@ldubgd.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9713-7710

### Віталій ЦІОЛКОВСЬКИЙ

викладач кафедри протимінної діяльності Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, v.tsiolkovskyi@ldubgd.edu.ua, ORCID: 0009-0009-0189-5233

### Володимир БУДЯЦЬКИЙ

старший викладач кафедри протимінної діяльності Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, v.budiatskyi@ldubgd.edu.ua, ORCID: 0009-0004-7129-6766

### Дмитро ПОЛЩУК

викладач кафедри протимінної діяльності, Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, dmytropolishchuk@ldubgd.edu.ua, ORCID: 0000-0002-7438-3644

### Дмитро БАЗАЛІЄВ

старший викладач кафедри протимінної діяльності, Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, d.bazaliiev@ldubgd.edu.ua, ORCID 0009-0005-9214-2472

Дослідження присвячене аналізу впливу повномасштабної війни в Україні на підходи та методи проведення розмінування у складних умовах, зокрема в щільній міській забудові, на ґрунтових дорогах та в зоні проходження ліній електропередач. Основна увага приділена впровадженню міжнародного досвіду та інноваційних технологій для підвищення ефективності та безпеки протимінних робіт.

Результати дослідження можуть бути використані для удосконалення підходів до планування та виконання операцій з гуманітарного розмінування в умовах підвищеної складності.

**Мета:** дослідження спрямоване на аналіз впливу повномасштабної війни в Україні на підходи та методи проведення розмінування у складних умовах, зокрема в щільній міській забудові, на ґрунтових дорогах та в зоні проходження ліній електропередач, з акцентом на впровадження міжнародного досвіду та інноваційних технологій.

**Методи дослідження:** використано системний та порівняльний аналіз, аналіз ризиків, контент-аналіз нормативно-правових актів та міжнародних стандартів (IMAS), аналіз наукових публікацій, а також вивчення практичного досвіду українських та міжнародних організацій, залучених до протимінної діяльності.

**Результати:** встановлено, що внаслідок високої інтенсивності бойових дій та масштабності мінно-вибухової загрози в Україні значно зросла потреба у розмінуванні об'єктів інфраструктури та територій зі складними умовами доступу. Застосування дронів з георадарами, дистанційно керованих роботизованих систем та геоінформаційних технологій дозволило суттєво підвищити ефективність та безпеку робіт. Адаптація міжнародного досвіду до українських реалій забезпечила формування гнучких процедур оцінки ризиків та організаційно-технічних рішень, відповідних до умов війни.

**Теоретична цінність дослідження:** розширення наукового розуміння інтеграції міжнародних стандартів і практик у національну систему розмінування та формування теоретичних засад ризик-менеджменту в умовах збройного конфлікту.

**Практична цінність дослідження:** запропоновані підходи можуть бути використані підрозділами ДСНС України, ЗСУ та міжнародними гуманітарними організаціями для підвищення ефективності протимінної діяльності та зниження рівня небезпеки для персоналу.

**Оригінальність:** комплексний аналіз поєднання українського досвіду, здобутого під час війни, з сучасними міжнародними технологіями та стандартами, що дозволяє створювати адаптивні алгоритми дій у різних типах місцевості.

**Обмеження дослідження:** обмежений доступ до актуальних оперативних даних та окремих технологічних рішень через військову таємницю та активні бойові дії на території України.

**Майбутні дослідження:** передбачається подальший аналіз ефективності впроваджених інновацій, розробка стандартизованих алгоритмів для специфічних умов (щільна забудова, підземні комунікації, промислові зони) та розширення міжнародної співпраці.

**Ключові слова:** протимінна діяльність, гуманітарне розмінування, ризик-менеджмент, дрони, георадар, міжнародний досвід, інноваційні технології, міська забудова, ґрунтові дороги, лінії електропередач.

## MINE ACTION IN WARTIME CONDITIONS

**Vasyl MATUKHNO**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Head of the Department of Mine Action,,  
Lviv State University of Life Safety,  
vasilmatukhno@ldubgd.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9713-7710

**Vitalii TSYOLKOVSKIY**

Lecturer, Department of Mine Action, Lviv State University of Life Safety,  
v.tsiolkovskiy@ldubgd.edu.ua, ORCID: 0009-0009-0189-5233

**Volodymyr BUDYATSKIY**

Senior Lecturer, Department of Mine Action, Lviv State University of Life Safety,  
v.budiatskiy@ldubgd.edu.ua, ORCID: 0009-0004-7129-6766

**Dmytro POLISHCHUK**

Lecturer, Department of Mine Action, Lviv State University of Life Safety,  
dmytropolishchuk@ldubgd.edu.ua, ORCID: 0000-0002-7438-3644

**Dmytro BAZALIEV**

Senior Lecturer, Department of Mine Action, Lviv State University of Life Safety,  
d.bazaliiev@ldubgd.edu.ua, ORCID: 0009-0005-9214-2472

The study analyzes the impact of the full-scale war in Ukraine on approaches and methods of mine clearance in challenging conditions, particularly in dense urban areas, on dirt roads, and in zones with power lines. The focus is on implementing international experience and innovative technologies to enhance the efficiency and safety of mine action operations.

The study results can be used to improve approaches to planning and conducting humanitarian demining operations under high-complexity conditions.

**Purpose:** the research aims to analyze the impact of the full-scale war in Ukraine on approaches and methods of mine clearance in challenging conditions, with a focus on integrating international experience and innovative technologies.

**Research Methods:** the study employed systems and comparative analysis, risk analysis, content analysis of legal and regulatory documents and international standards (IMAS), review of scientific publications, and examination of practical experience from Ukrainian and international organizations involved in mine action.

**Results:** due to the high intensity of hostilities and the scale of explosive hazards in Ukraine, the demand for clearing infrastructure objects and areas with difficult access has significantly increased. The use of drones with ground-penetrating radar, remotely operated robotic systems, and geoinformation technologies has substantially improved operational efficiency and safety. Adapting international experience to Ukrainian realities enabled the development of flexible risk assessment procedures and organizational-technical solutions suitable for wartime conditions.

**Theoretical Significance:** the study expands scientific understanding of integrating international standards and practices into the national mine action system and lays theoretical foundations for risk management in armed conflict conditions.

**Practical Significance:** the proposed approaches can be used by the State Emergency Service of Ukraine (DSNS), Armed Forces of Ukraine (AFU), and international humanitarian organizations to improve the efficiency of mine action and reduce personnel risk.

**Originality:** the study provides a comprehensive analysis combining Ukrainian wartime experience with modern international technologies and standards, enabling the creation of adaptive operational algorithms for different types of terrain.

**Limitations:** access to current operational data and some technological solutions is limited due to military secrecy and ongoing hostilities in Ukraine.

**Future Research:** further analysis of the effectiveness of implemented innovations, development of standardized algorithms for specific conditions (dense urban areas, underground utilities, industrial zones), and expansion of international cooperation are planned.

**Keywords:** mine action, humanitarian demining, risk management, drones, ground-penetrating radar, international experience, innovative technologies, urban areas, dirt roads, power lines.

## 1. Вступ

Повномасштабне вторгнення російської федерації в Україну 24 лютого 2022 року призвело до безпрецедентної ескалації мінної небезпеки на значній частині території держави [6]. За оцінками Державної служби України з надзвичайних ситуацій, Міністерства оборони України, а також міжнародних організацій, близько 30% території країни може бути потенційно забруднено мінами та вибухонебезпечними предметами (ВНП) [6, 15]. Ця проблема має комплексний характер і охоплює як гуманітарний, так і воєнно-оперативні аспекти.

Особливістю сучасної ситуації є те, що характер мінування змінився. Якщо у попередні десятиліття в Україні основним завданням саперних підрозділів було виявлення та знешкодження залишків боєприпасів Другої світової війни, то тепер обсяги та складність завдань зросли у рази, а їх виконання ускладнене застосуванням сучасних мінно-вибухових технологій, дистанційних систем мінування, а також хаотичним мінуванням у міських та інфраструктурно важливих районах [4, 6].

Щільна міська забудова, зруйновані та пошкоджені інженерні комунікації, ґрунтові дороги, лінії електропередач та інші об'єкти, що мають критичне значення для забезпечення життєдіяльності, часто опиняються під впливом мінної небезпеки. Це створює нові виклики для організації розмінування, потребує впровадження сучасних технологічних рішень та адаптації міжнародного досвіду до національних умов [2, 3].

Проблема протимінної діяльності в Україні вирішується у межах національної нормативно-правової бази, узгодженої з міжнародними стандартами IMAS (International Mine Action Standards) та нормами міжнародного гуманітарного права, зокрема Женевськими конвенціями та Протоколом II до Конвенції про певні види звичайної зброї [1, 5].

Ця монографія присвячена дослідженню теоретичних основ, правової бази, організаційно-технічних рішень та інноваційних підходів у протимінній діяльності в умовах війни, з фокусом на досвід України під час повномасштабного вторгнення.

## 2. Теоретичні основи дослідження

Протимінна діяльність визначається як комплекс заходів, спрямованих на усунення загрози від мін, вибухонебезпечних залишків війни та саморобних вибухових пристроїв, а також на зменшення негативного впливу цих загроз на цивільне населення та економіку [1].

В українському законодавстві ця діяльність регламентується, зокрема, Законом України «Про протимінну діяльність», підзаконними актами Кабінету Міністрів України та відомчими нормативними документами ДСНС України, Міноборони, МВС та інших органів [1]. Закон визначає протимінну діяльність як систему гуманітарного розмінування, інформування населення, допомоги постраждалим та управління інформацією про мінну небезпеку [1].

Теоретичною основою сучасного підходу є інтеграція принципів ризик-менеджменту, використання геоінформаційних систем (ГІС) для просторового аналізу, а також впровадження технологій дистанційного зондування землі (ДЗЗ) та машинного навчання для виявлення небезпечних ділянок [2, 12].

Особливу роль відіграє концепція «інтегрованого розмінування», яка передбачає поєднання механізованих, ручних та дистанційних методів, що взаємодіють у єдиному технологічному циклі. При цьому первинна оцінка небезпеки та пріоритезація робіт здійснюється з урахуванням впливу на цивільне населення, економіку та критичну інфраструктуру [2, 3].

В Україні ця концепція була адаптована із досвіду Хорватії, Камбоджі та Афганістану, але доповнена власними інноваційними рішеннями: застосуванням безпілотних літальних апаратів із системами штучного інтелекту, георадарів, дистанційно керованих підривних машин, механізованих комплексів розмінування Змій, Bozena та Armtrac [4, 6, 10].

## 3. Постановка проблеми

Складність завдань розмінування в Україні визначається кількома ключовими факторами: масштабність: тисячі квадратних кілометрів забрудненої території, з високою щільністю мінування; складні умови доступу: щільна забудова, зруйновані споруди, інженерні комунікації; різноманітність загроз: від класичних протипіхотних та протитанкових мін до імпровізованих вибухових пристроїв, мін-пасток та нерозірваних касетних елементів; динамічність обстановки: повторне мінування територій, зміни лінії фронту, підриви об'єктів інфраструктури [4, 6].

В Україні зараз одна з найгірших ситуацій у світі щодо мінного та вибухонебезпечного забруднення території: потенційно небезпечні ділянки займають від чверті до третини загальної площі країни – за оцінкою експертів, від 139 000 км<sup>2</sup> до 174 000 км<sup>2</sup>, що еквівалентно 25-30 % території України [6, 15]. Забруднення торкнулося переважно сільськогосподарських земель, які становили серйозну загрозу для відновлення аграрного виробництва й продовольчої безпеки. Такий масштаб забруднення демонструє критичну важливість розвитку гуманітарного розмінування, удосконалення підходів до ідентифікації ВВП, а також активного впровадження безпечних технологій і систем планування польових операцій [2, 6].

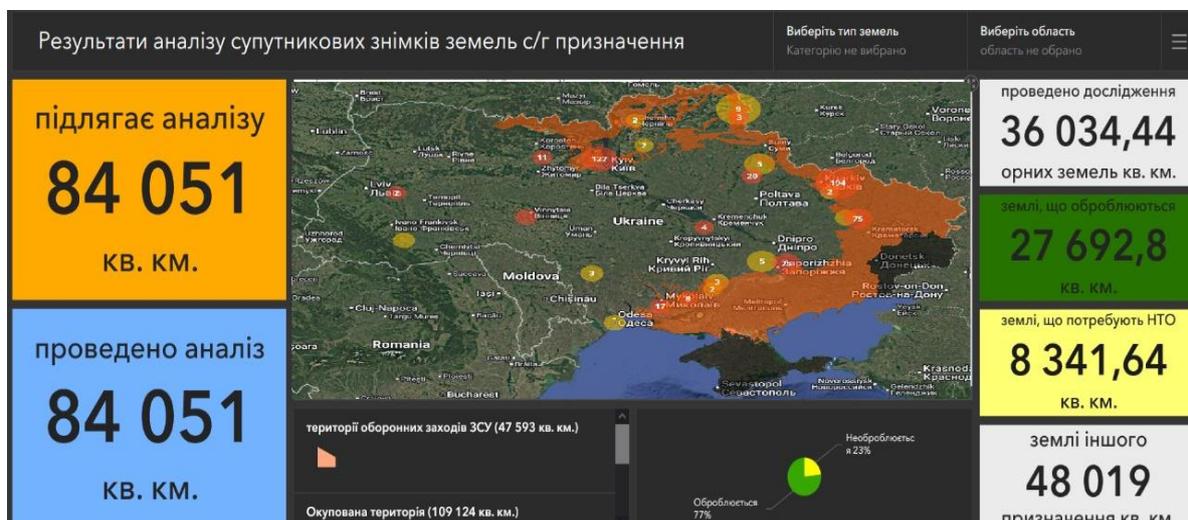


Рисунок 1 – Результати аналізу супутникових знімків земель сільськогосподарського призначення України

Традиційні ручні методи в таких умовах стають не лише надто повільними, але й небезпечними. За даними ДСНС України, продуктивність ручного розмінування у середньому становить 1-2 га на день на одну групу, тоді як механізовані системи здатні обробляти 15-20 га [4, 6].

Прикладом є очищення територій Київської області навесні 2022 року: на звільнених ділянках застосовували комбінацію механізованих машин, дронів з тепловізорами та ручного обстеження, що дозволило завершити очищення ключових транспортних шляхів менш ніж за місяць [6].

#### 4. Ризик-менеджмент та міжнародний досвід

Ефективність протимінної діяльності значною мірою залежить від правильного управління ризиками. У міжнародній практиці це передбачає багаторівневу систему, де кожна ділянка оцінюється за такими параметрами: щільність населення, соціально-економічна значущість, ступінь забруднення, наявність об'єктів критичної інфраструктури [2, 3].

Міжнародні стандарти IMAS передбачають використання нетехнічного та технічного обстеження для збору даних, пріоритизації ділянок та планування робіт. Україна інтегрувала ці процедури у національну систему через розробку відповідних стандартних операційних процедур ДСНС України та Міноборони [1, 4].

Співвідношення різних методів розмінування за ключовими критеріями, складене на основі узагальнених міжнародних даних (IMAS, GICHD). Цей аналіз візуалізує ключові операційні характеристики трьох основних методів. Важливо розуміти, що вони не є взаємовиключними, а найчастіше використовуються в комбінації для досягнення максимальної ефективності та безпеки [2, 3, 10].



Рисунок 2 – Співвідношення методів розмінування за продуктивністю (га/день)

Цей рисунок показує, наскільки механізовані методи перевершують ручні за обсягами виконаних робіт.

Досвід Хорватії показав ефективність поєднання механізованого розмінування та ручного доочищення у міських зонах, тоді як Камбоджа успішно застосовує дрони для первинного обстеження. В Афганістані значні результати дали дистанційно керовані машини для підриву мін. Україна, враховуючи свій клімат, рельєф та інтенсивність бойових дій, адаптувала ці методи, створивши комбіновану модель: дрони + георадар + механізована обробка + ручне підтвердження [4, 7, 8, 9].

#### 5. Організаційно-технічні рішення та інноваційні підходи

В умовах війни Україна впровадила низку рішень, що дозволили значно підвищити ефективність розмінування:

- **Механізовані комплекси ЗМІЙ, Vozena, Armtrac, DOK-ING MV-10,4 та інші** для очищення відкритих ділянок (рис. 3).



Рисунок 3 – Машини механізованого розмінування

З початку широкомасштабного військового вторгнення російської федерації на територію України лише підрозділами ДСНС України обстежено територію площею 188 тис.га, з них 5 тис.га очищено за допомогою машин механізованого розмінування та 263 га – відділеннями мінно-пошукових робіт.

- **Дрони з ШІ** для аналізу змін у ґрунті, виявлення ВВП та створення карт небезпечних зон (рис. 4).



Рисунок 4 – Дрон для аналізу змін у ґрунті

- **Георадарні системи** (рис. 5) для пошуку мін на складних ділянках (ґрунтові дороги, під ЛЕП).



Рисунок 5 – Георадарний детектор

- Дистанційно керовані підривні машини для знешкодження ВВП (рис. 6).



Рисунок 6 – Дистанційна підривна машина

- Інтеграція даних ГІС у єдину національну базу забруднених територій (рис. 7).



Рисунок 7 – Карта розмінованої території з використання даних ГІС, виконана організацією The HALO Trust

Реальний кейс: у Херсонській області після відходу окупаційних військ дрони з ІІІ протягом тижня виявили понад 300 підозрілих об'єктів на площі 50 км<sup>2</sup>, що дозволило скоротити час розмінування у три рази, порівняно з традиційними методами.

### 5.1. Організаційні рішення

Організаційні аспекти протимінної діяльності в умовах війни в Україні визначаються необхідністю забезпечення комплексної координації між усіма суб'єктами, задіяними у процесі гуманітарного розмінування. До таких суб'єктів належать Державна служба України з надзвичайних ситуацій, Збройні Сили України, підрозділи Міністерства внутрішніх справ, Національна поліція, а також міжнародні гуманітарні організації. В умовах високої інтенсивності бойових дій та широкомасштабного мінування особливого значення набуває створення єдиної централізованої бази даних щодо забруднених територій, інтегрованої у національну геоінформаційну систему. Це дозволяє здійснювати оперативний обмін даними між усіма

відомствами, а також проводити пріоритезацію робіт з урахуванням впливу на безпеку цивільного населення, соціально-економічну стабільність та збереження критичної інфраструктури [1, 4, 6].

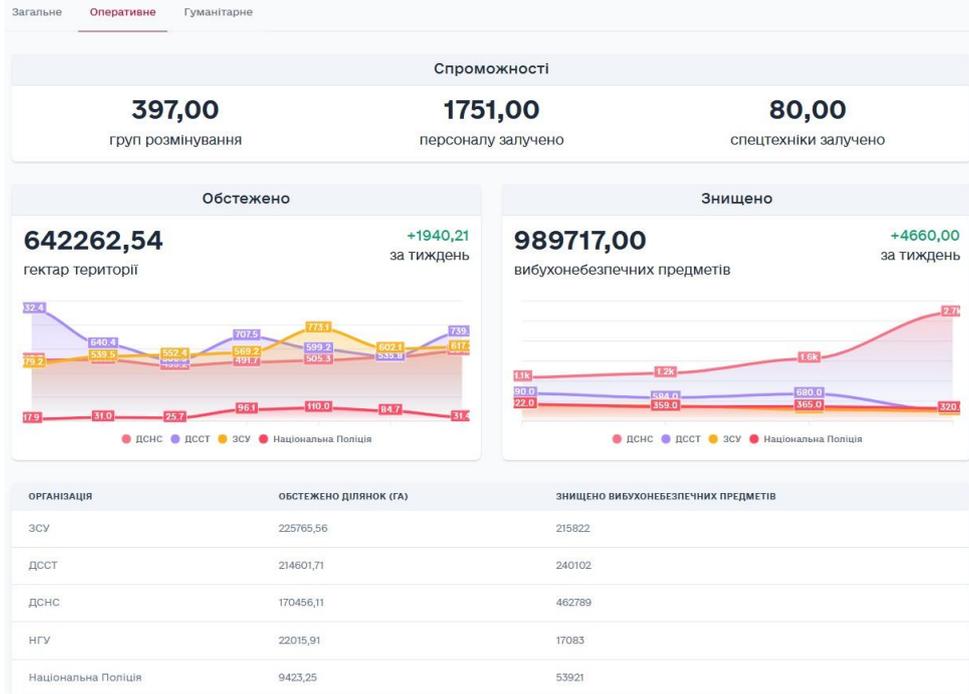


Рисунок 8 – Скріншот дашборду узгодження робіт з розмінування між різними службами

Ключовим елементом організаційної складової є стандартизація процедур планування та виконання робіт відповідно до Міжнародних стандартів протимінної діяльності (IMAS), норм міжнародного гуманітарного права та національної нормативно-правової бази. Значну увагу приділено розвитку системи підготовки кадрів, що включає проведення спеціалізованих тренінгів, навчань та обмін досвідом з іноземними партнерами, які мають багаторічну практику у сфері розмінування. Таким чином, організаційні рішення формують основу для впровадження ефективних технічних і технологічних заходів [1, 2, 4].

## 5.2. Технічні рішення

Технічна складова протимінної діяльності в умовах війни в Україні зумовлена потребою у використанні сучасних високотехнологічних засобів, здатних забезпечити швидко і безпечно очищення територій від вибухонебезпечних предметів. Значну роль у цьому процесі відіграють механізовані комплекси, такі як Bozena, Armtrac та DOK-ING MV-4, які дозволяють у стислі терміни обробляти великі площі відкритих територій. Застосування безпілотних літальних апаратів, оснащених георадарними системами та алгоритмами штучного інтелекту, забезпечує можливість виявлення мін та інших вибухонебезпечних предметів у важкодоступних місцях, зокрема на ґрунтових дорогах та під лініями електропередач [4, 6, 10].

Дистанційно керовані підривні машини, дають змогу знешкодувати вибухонебезпечні предмети без безпосередньої присутності сапера, що значно зменшує ризик для особового складу. Крім того, створення мобільних пунктів управління з інтегрованими геоінформаційними системами дозволяє здійснювати оперативний контроль за ходом робіт і швидко реагувати на зміну обстановки на місцевості. Таким чином, технічні рішення забезпечують реалізацію принципу комплексного підходу до розмінування, поєднуючи швидкість, точність та безпеку [4, 10].

## 5.3. Інноваційні технології та підходи

Інноваційні технології у сфері гуманітарного розмінування в Україні відіграють ключову роль у підвищенні ефективності та зниженні ризиків під час виконання завдань у складних умовах. Одним із найперспективніших напрямів є використання штучного інтелекту для автоматичної обробки даних, отриманих з безпілотних літальних апаратів та супутників, що дає змогу здійснювати швидко і точно картографування забруднених територій. Поєднання даних з

різних сенсорів – тепловізорів, георадарів та металодетекторів – у єдиній аналітичній системі дозволяє значно підвищити точність виявлення вибухонебезпечних предметів.

Зокрема, комплекс MagDrone R3, інтегрований із платформами DJI Matrice 300 RTK та DJI Matrice 350 RTK, дозволяє проводити високоточні обстеження територій, де традиційні методи можуть бути небезпечними або малоефективними. Оптимальні параметри польоту – висота 2 метри, ширина смуги прольоту 2 метри та швидкість дрона 2 м/с – забезпечують збір якісних магнітних даних для подальшої аналітики. Об'єднання цих даних із ортофотопланом дає змогу створювати карти магнітних аномалій, що дозволяють ідентифікувати металеві об'єкти на глибині до 0,5 метра. Надалі ці карти інтегруються з алгоритмами штучного інтелекту, здатними автоматично виявляти вибухонебезпечні предмети та локалізувати їх. Завдяки точній RTK-навігації забезпечується синхронізація просторових координат і візуальних знахідок, що значно підвищує ефективність координації дій груп розмінування. Таким чином, поєднання інноваційних сенсорів, алгоритмів штучного інтелекту та геоінформаційних систем створює інтегровану технологію, яка здатна суттєво прискорити процес гуманітарного розмінування та зменшити ризики для персоналу [10, 12, 15].

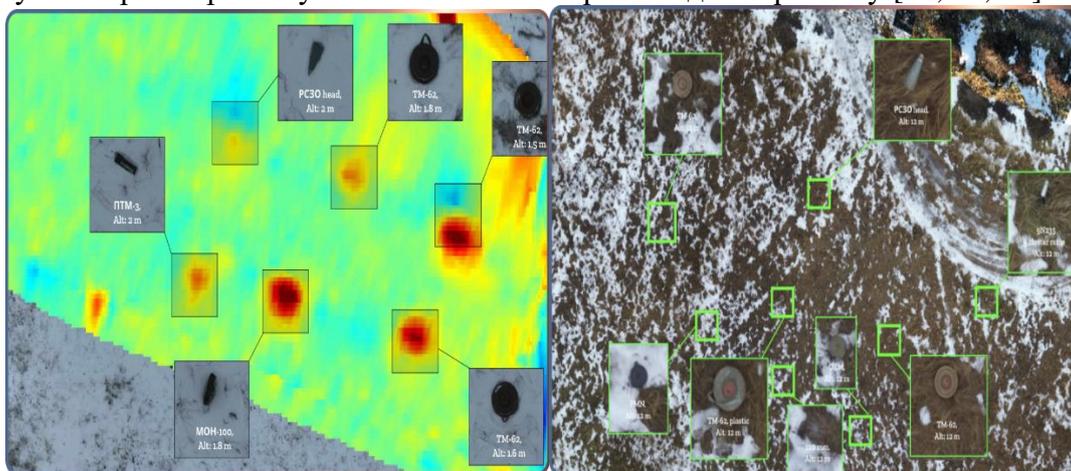


Рисунок 9 – Результати роботи системи MagDrone R3

Реальне вапробування інноваційних технологій в оперативних умовах продемонструвало як їхній потенціал, так і виклики, пов'язані з інтеграцією у національну систему протимінної діяльності. Впровадження системи **MinesEye** (рис. 10), заснованої на мультисенсорній платформі (магнітометрія, візуальна зйомка), що встановлюється на безпілотний літальний апарат (БПЛА) DJI Agras T30, відбувалося на сільськогосподарських угіддях поблизу м. Харків у березні 2024 року. Метою було масштабне виявлення вибухонебезпечних предметів (ВНП), зокрема касетних суббоеприпасів та артилерійських снарядів.



Рисунок 10 – Впровадження системи MinesEye

Незважаючи на високу активність засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) противника, система MinesEye показала свою стійкість до умов РЕБ, виконавши успішне сканування понад 23 га, де було виявлено та класифіковано численні аномалії, пов'язані з кратерами від обстрілів та потенційними ВВП. Технічна ефективність була підтверджена контрольним експериментом із суббоєприпасом 9Н210, який надійно ідентифікувався магнітним датчиком з висоти 1,3-1,8 м над рівнем землі. Однак низька якість частини візуальних даних (~30-40% знімків) та відсутність інтегрованого програмного рішення для швидкої попередньої обробки та аналізу 500 ГБ зібраних даних загострили питання щодо необхідності розробки автономних камер високої роздільної здатності та єдиного інтерфейсу з елементами штучного інтелекту для автоматизації обробки. Цей кейс наочно ілюструє критичну важливість адаптації технологій до динамічної оперативної обстановки, необхідність тісної координації з підрозділами ДСНС України для миттєвої верифікації знахідок та вказує на пріоритетні напрями вдосконалення: захист каналів зв'язку, поліпшення якості сенсорів та створення мобільних обчислювальних комплексів для аналізу даних у полі.

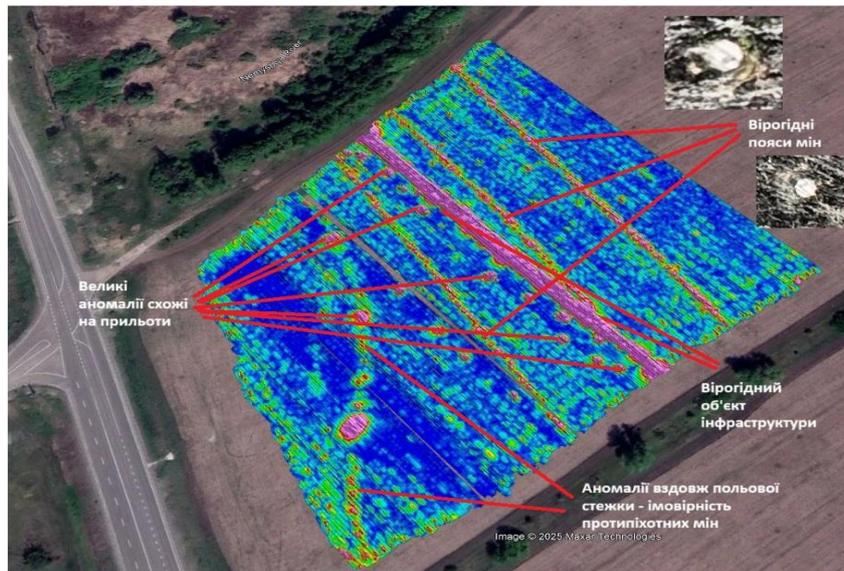


Рисунок 11 – Результати дослідження системи MinesEye



Рисунок 12 – Результати дослідження системи MinesEye

Впровадження моделей прогнозування ризиків на основі методів машинного навчання дає змогу завчасно визначати зони з потенційно високим рівнем небезпеки та відповідно розподіляти ресурси. Особливого значення набувають пілотні проекти із застосування

роботизованих платформ, здатних діяти у замкнених просторах, таких як тунелі або під водою, що відкриває нові можливості для проведення розмінування у складних умовах.

### **6. Результати**

Проведене дослідження дозволило встановити, що впровадження інноваційних технологій, сучасних технічних засобів та організаційних рішень, адаптованих до українських умов, істотно підвищує ефективність гуманітарного розмінування. Зокрема, інтеграція безпілотних літальних апаратів, георадарних систем та роботизованих комплексів у робочі процеси дає змогу скоротити терміни очищення територій у два-три рази порівняно з традиційними методами.

Використання дистанційно керованих платформ значно знижує рівень ризику для особового складу, а впровадження геоінформаційних систем і технологій аналізу даних забезпечує високу точність визначення небезпечних ділянок. Організаційна координація та єдині стандарти робіт сприяють ефективній взаємодії між усіма суб'єктами протимінної діяльності та створюють передумови для подальшого вдосконалення національної системи безпеки у цій сфері.

### **Висновки**

Аналіз впливу повномасштабної війни на підходи до гуманітарного розмінування в Україні засвідчив, що традиційні ручні методи у сучасних умовах виявляються недостатньо ефективними та небезпечними без підтримки сучасних технічних засобів і технологій. Масштабність мінної небезпеки, складність доступу до територій та різноманітність типів вибухонебезпечних предметів зумовили необхідність впровадження комплексних організаційно-технічних рішень, інтеграції міжнародного досвіду та використання інноваційних технологій.

Застосування безпілотних літальних апаратів, георадарів, роботизованих систем та геоінформаційних технологій довело свою ефективність у підвищенні швидкості, точності та безпеки робіт. Розробка національної стратегії протимінної діяльності та створення системи обміну даними між ключовими суб'єктами забезпечили можливість формування адаптивної моделі розмінування, здатної реагувати на зміни оперативної обстановки.

Подальші дослідження мають бути зосереджені на удосконаленні алгоритмів для специфічних умов, таких як щільна міська забудова, промислові об'єкти та підземні комунікації, а також на розширенні міжнародної співпраці у сфері впровадження новітніх технологій та обміну досвідом.

### **Список використаних джерел**

1. Закон України «Про протимінну діяльність» від 6 грудня 2018 р. № 2642-VIII // Відомості Верховної Ради України. 2019. – № 3. ст. 30.
2. Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD). International Mine Action Standards (IMAS). Женева: GICHD, 2023. 348 p.
3. United Nations Mine Action Service (UNMAS). International Mine Action Standards, Series 04.10–09.50. New York: UNMAS, 2022.
4. Міністерство оборони України. Методичні рекомендації щодо організації гуманітарного розмінування. Київ: МОУ, 2023. 56 с.
5. International Committee of the Red Cross (ICRC). Protocol on Prohibitions or Restrictions on the Use of Mines, Booby-Traps and Other Devices (Protocol II to the CCW). Geneva: ICRC, 2021.
6. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Офіційний звіт про стан протимінної діяльності в Україні. Київ: ДСНС, 2024. 64 с.
7. Humanitarian Demining in Croatia: Lessons Learned. Zagreb: Croatian Mine Action Centre (CROMAC), 2022. 122 p.
8. Cambodia Mine Action Centre (CMAC). Annual Report 2022. Phnom Penh: CMAC, 2023. 88 p.
9. Mine Action Coordination Centre of Afghanistan (MACCA). Operational Guidelines. Kabul: MACCA, 2021. 75 p.
10. NATO Science and Technology Organization. Innovative Technologies for Humanitarian Demining. Brussels: NATO STO, 2020. 156 p.

11. ISO 23665:2021. Training for mine detection dogs Competency of dog handlers. Geneva: International Organization for Standardization, 2021. 24 p.
12. Шевченко О. В. Сучасні технології дистанційного зондування Землі у протимінній діяльності // Безпека життєдіяльності. 2023. № 2. С. 45–53.
13. Petrovic D., Kolaric T. Application of Mechanized Systems in Urban Demining // Journal of Mine Action. 2022. Vol. 26, No. 1. P. 15–24.
14. United Nations Office for Disarmament Affairs. Guide to International Mine Action Standards. New York: UNODA, 2021. 190 p.
15. Офіційний вебсайт проєкту UADAMAGE. URL: [www.uadamage.com/magnetometer](http://www.uadamage.com/magnetometer)

### References

1. Law of Ukraine "On Mine Action" of December 6, 2018, No. 2642-VIII // Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine. – 2019. – No. 3. – Art. 30.
2. Geneva International Centre for Humanitarian Demining (GICHD). *International Mine Action Standards (IMAS)*. – Geneva: GICHD, 2023. – 348 p.
3. United Nations Mine Action Service (UNMAS). *International Mine Action Standards, Series 04.10–09.50*. – New York: UNMAS, 2022.
4. Ministry of Defence of Ukraine. *Methodological Recommendations on the Organization of Humanitarian Demining*. – Kyiv: MoD, 2023. – 56 p.
5. International Committee of the Red Cross (ICRC). *Protocol on Prohibitions or Restrictions on the Use of Mines, Booby-Traps and Other Devices (Protocol II to the CCW)*. Geneva: ICRC, 2021.
6. State Emergency Service of Ukraine. *Official Report on the State of Mine Action in Ukraine*. – Kyiv: SESU, 2024. – 64 p.
7. *Humanitarian Demining in Croatia: Lessons Learned*. – Zagreb: Croatian Mine Action Centre (CROMAC), 2022. – 122 p.
8. Cambodia Mine Action Centre (CMAC). *Annual Report 2022*. – Phnom Penh: CMAC, 2023. – 88 p.
9. Mine Action Coordination Centre of Afghanistan (MACCA). *Operational Guidelines*. – Kabul: MACCA, 2021. – 75 p.
10. NATO Science and Technology Organization. *Innovative Technologies for Humanitarian Demining*. – Brussels: NATO STO, 2020. – 156 p.
11. ISO 23665:2021. *Training for Mine Detection Dogs – Competency of Dog Handlers*. – Geneva: International Organization for Standardization, 2021. – 24 p.
12. Shevchenko O. V. *Modern Technologies of Remote Sensing of the Earth in Mine Action // Life Safety*. – 2023. – No. 2. – P. 45–53.
13. Petrovic D., Kolaric T. *Application of Mechanized Systems in Urban Demining // Journal of Mine Action*. – 2022. – Vol. 26, No. 1. – P. 15–24.
14. United Nations Office for Disarmament Affairs (UNODA). *Guide to International Mine Action Standards*. – New York: UNODA, 2021. – 190 p.
15. Official website of the UADAMAGE project. URL: [www.uadamage.com/magnetometer](http://www.uadamage.com/magnetometer)

## РОЛЬ МЕХАНІЗМУ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ У ЛІКВІДАЦІЇ МАСШТАБНИХ ПРИРОДНИХ ТА ТЕХНОГЕННИХ КАТАСТРОФ

### Мирослав КОВАЛЬ

доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,

lviv-koval@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0662-862X

### Роман РАТУШНИЙ

доктор технічних наук, професор, професор кафедри права та менеджменту у сфері цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,

ratyshnuj@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0448-0331

### Олег ПАЗЕН

кандидат технічних наук, начальник кафедри наглядово-профілактичної діяльності та пожежної автоматики Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,

opazen@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1655-3825

### Дмитро АНДРУХІВ

здобувач ад'юнктури докторантури Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,

adima13@ukr.net, ORCID: 0000-0002-6262-6792

З 2017 по 2023 рік Міжнародний центр хімічної безпеки та захисту (ICCSS) розпочав реалізацію низки проєктів, основна увага яких була зосереджена на зміцненні систем цивільного захисту та управління кризовими ситуаціями в Україні. Приєднання до Механізму цивільного захисту ЄС є важливим кроком для України на шляху до поглиблення європейської інтеграції. Визначальним випробуванням сил і засобів державної служби України з надзвичайних ситуацій є тривала військова агресія з боку росії.

Стихійні лиха як природні, так і антропогенні, не знають державних кордонів і можуть вражати кілька країн одночасно, часто зненацька. За останні роки Європа стала свідком сплеску різних видів надзвичайних ситуацій, починаючи від епідемій, повеней, штормів, лісових пожеж, землетрусів і закінчуючи техногенними катастрофами. Надзвичайні події випробовують можливості реагування окремих країн і підкреслюють необхідність колективних дій і співпраці, особливо в епоху зі складними проблемами безпеки і зростаючим впливом кліматичних змін.

**Мета дослідження:** розглянути структуру та керівні принципи Механізму цивільного захисту Європейського Союзу (Union Civil Protection Mechanism, далі – UCPM). Ознайомитись з технологічними інструментами, платформами, ресурсами та можливостями, які використовує у своїй роботі Координаційний центр реагування на надзвичайні ситуації (Emergency Response Coordination Centre, далі – ERCC). Ключовим компонентом функціонування UCPM є сприяння розвитку мережі співпраці, зосередженої на обміні знаннями, розбудові потенціалу та проведенні навчань з реагування на катастрофи. UCPM надає країнам-членам платформу для обміну досвідом та інноваційними підходами до зниження ризиків, що дає їм можливість вчитися один у одного та впроваджувати успішні стратегії.

**Ключові слова:** механізм цивільного захисту Європейського союзу, координаційний центр реагування на надзвичайні ситуації, членство в UCPM, активація Механізму цивільного захисту Європейського союзу.

## COMPREHENSIVE PROTECTION SYSTEM FOR UKRAINE'S CRITICAL INFRASTRUCTURE UNDER MARTIAL LAW

### Myroslav KOVAL

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Supervisory and Preventive Activities and Fire Automation, Lviv State University of Life Safety, lviv-koval@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0662-862X

### Roman RATUSHNIY

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Law and Management in the Field of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety, ratyshnuj@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0448-0331

### Oleh PAZEN

Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Supervisory and Preventive Activities and Fire Automation, Lviv State University of Life Safety, opazen@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1655-3825

### Dmytro ANDRYKHIV

Postdoctoral Adjuncture Candidate, Lviv State University of Life Safety, adima13@ukr.net, ORCID: 0000-0002-6262-6792

From 2017 to 2023, the International Centre for Chemical Safety and Security (ICSS) launched a series of projects aimed at enhancing civil protection and crisis management systems in Ukraine. Joining the EU Civil Protection Mechanism is an important step for Ukraine on its way to deepening European integration. The decisive test of the capabilities of Ukraine's state emergency service is the ongoing military aggression by Russia.

Disasters, both natural and man-made, know no national boundaries and can strike several countries at the same time, often unexpectedly. In recent years, Europe has witnessed a surge in various types of emergencies, ranging from epidemics, floods, storms, forest fires, earthquakes, and man-made disasters. Emergency events test the response capacities of individual countries and emphasize the need for collective action and cooperation, especially in an era of complex security challenges and the growing impact of climate change.

**Purpose of the Article:** to examine the structure and guiding principles of the Union Civil Protection Mechanism (UCPM). To explore the technological tools, platforms, resources, and capabilities used by the Emergency Response Coordination Centre (ERCC) in its operations. A key component of the UCPM's operations is fostering the development of a collaborative network focused on knowledge exchange, capacity building, and disaster response training. The UCPM provides member states with a platform for exchanging experiences and innovative approaches to risk reduction, enabling them to learn from each other and implement successful strategies.

**Keywords:** European Union Civil Protection Mechanism, Emergency Response Coordination Centre, UCPM membership, activation of the European Union Civil Protection Mechanism.

### 1. Вступ

Перші ідеї щодо спільної європейської координації у випадках надзвичайних ситуацій виникли в середині 1980-х років після великих стихійних лих у Європі: *землетрус в Італії (1980), пожежі у Греції (1987), повені в центральній Європі (1997), аварія на ЧАЕС (1986)*.

Ці події показали, що національні служби не завжди справляються самотужки, а взаємодія між країнами була повільною та хаотичною.

Європейське Співтовариство у 1987 р. ухвалило перші Рішення Ради про співпрацю у сфері цивільного захисту, але це були радше консультативні платформи без єдиної оперативної структури.

Наприкінці 1990-х ЄС почав створювати **Community Civil Protection Mechanism** – «Механізм цивільного захисту Співтовариства». Рішення Ради 1999/847/ЄС передбачало фінансування навчань, обміну досвідом і спільних тренувань. 2001 рік став переломним: після серії великих повеней та техногенних аварій ЄС ухвалив Рішення Ради 2001/792/ЄС, Euratom від 23 жовтня 2001 р., яким офіційно створено **Community Mechanism for Civil Protection**.

Він об'єднав національні рятувальні служби та передбачав:

- створення центру моніторингу та інформації (МІС),
- єдині процедури запиту та пропозиції допомоги,
- фінансування транспортування гуманітарних вантажів.

Впродовж 2001-2013 років МІС координував допомогу як у межах ЄС, так і за його межами (наприклад, під час землетрусу в Алжирі 2003 р. чи цунамі 2004 р. в Азії). Також протягом цього періоду виникла спільна база модулів – рятувальні команди, медичні бригади, водоочисні установки тощо.

У 2007 році Рішення Ради 2007/779/ЄС, Euratom створило більш гнучкий механізм і ввело Цивільно-захисний пул (European Civil Protection Pool), куди країни добровільно декларували свої сили та засоби.

МІС було модернізовано й інтегровано у ERCC (Emergency Response Coordination Centre) у Брюсселі, який працює 24/7.

Система обміну інформацією CECIS (Common Emergency Communication and Information System) стала офіційним каналом між державами-учасницями.

1 січня 2014 р. на основі **Рішення № 1313/2013/EU** Європейський механізм цивільного захисту отримав нову назву – **Union Civil Protection Mechanism (UCPM)**. Метою його створення було підвищення рівня готовності та запобігання надзвичайним ситуаціям, покращення швидкості реагування, координація міжнародної допомоги в будь-якій точці світу. Серед нововведень стала обов'язкова сертифікація модулів для участі в ЕСРР, підвищене фінансування для спільних навчань, програма обміну експертами.

Внаслідок масштабних лісових пожеж у Португалії (2017) та Греції (2018) стало зрозуміло, що в критичних випадках національних ресурсів країн-членів не вистачає, тому у 2019 р. до UCPM додали rescEU, який є стратегічним резервом, який фінансується ЄС і включає пожежні літаки та вертольоти, мобільні медичні госпіталі, запаси вакцин та медзасобів, генератори та модулі життєзабезпечення.

Під час пандемії COVID-19 Механізм активно використовувався для доставки медичних вантажів (маски, ШВЛ, тест-системи), транспортування пацієнтів між країнами, формування медичних резервів у рамках rescEU (маски, медикаменти, обладнання).

## 2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Аналіз останніх досліджень і публікацій, присвячених впровадженню Механізму цивільного захисту Європейського Союзу (UCPM) в Україні, свідчить про значний інтерес до цієї тематики в науковому і практичному середовищі.

Оксана Бойко у своїй праці «Державне управління в контексті набуття повноправного членства України в Механізмі цивільного захисту Європейського союзу» (2023), аналізує співпрацю України з UCPM та кроки до повноправного членства. Висвітлено етапи від підписання Адміністративної домовленості у 2008 році до приєднання у квітні 2023 року. Наголошено на необхідності впровадження європейського досвіду, зокрема щодо покладення на органи місцевого самоврядування повноважень із забезпечення пожежної безпеки та стимулювання участі громадян у добровільній пожежній охороні [1].

У квітні 2023 року Україна офіційно приєдналася до Механізму цивільного захисту ЄС, що дало їй змогу отримувати скоординовану міжнародну допомогу під час надзвичайних ситуацій. Це рішення підкреслює прагнення України до інтеграції в європейські структури цивільного захисту та підвищення своєї готовності до кризових ситуацій [2]. Н. Г. Клименко, аналізує вплив приєднання України до Механізму цивільного захисту ЄС на посилення національної стійкості до надзвичайних ситуацій. Вона підкреслює, що участь у Механізмі сприяє обміну досвідом, залученню міжнародних ресурсів та впровадженню найкращих

практик в управлінні кризами. Це також дає можливість Україні підвищити рівень готовності та ефективності реагування на катастрофи [3,4].

Як зазначає Подскальна О. А., приєднання України до Механізму цивільного захисту ЄС стало важливим кроком у її європейській інтеграції. Воно сприяє розвитку міжнародної солідарності та співпраці у сфері запобігання і реагування на катастрофи, дозволяючи Україні користуватися спільними ресурсами та отримувати фінансову підтримку [5].

Останні дослідження та публікації свідчать про активну інтеграцію України в Механізм цивільного захисту ЄС. Приєднання до УСРМ надає Україні доступ до скоординованої міжнародної допомоги, фінансових ресурсів та передового досвіду у сфері управління надзвичайними ситуаціями. Це сприяє підвищенню ефективності національної системи цивільного захисту та зміцненню співпраці з європейськими партнерами.

### 3. Викладення матеріалу

Наслідками масштабних надзвичайних ситуацій, які часто виникають раптово, є серйозні перебої в наданні найважливіших послуг, пошкодження майна, інфраструктури та довкілля. Вони також можуть призвести до людських жертв і поранень. Для подолання цих наслідків необхідні додаткові ресурси і стратегії, які виходять за рамки звичайних можливостей основних аварійно-рятувальних служб. Рівень таких надзвичайних ситуацій може варіюватися від місцевого, регіонального до державного і для керівництва та координації реагування в таких випадках була створена міжнародна система управління масштабними надзвичайними ситуаціями. У випадках, коли державний потенціал вичерпується, може знадобитися міжнародна допомога. Відповідний державний орган може звернутися по допомогу до чотирьох основних міжнародних систем:



**Управління ООН з координації гуманітарних питань (UN/OCHA)**



**Євроатлантичний координаційний центр реагування на катастрофи (орган)**



**Боннська конвенція**



**Механізм цивільного захисту ЄС (UCPM)**

Ці міжнародні системи допомагають посилити державні можливості реагування на надзвичайні ситуації.

**Управління ООН з координації гуманітарних питань** (United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, далі – UN/OCHA) відіграє ключову роль у забезпеченні структурованого та послідовного реагування на надзвичайні ситуації, об'єднуючи різні гуманітарні суб'єкти. Його основними завданнями є мобілізація та координація гуманітарної діяльності для полегшення людських страждань під час катастроф та надзвичайних ситуацій, захист прав тих, хто цього потребує, сприяння готовності та превентивним заходам, а також сприяння у пошуку сталих рішень. **Група з оцінки наслідків стихійних лих і координації** (United Nations Disaster Assessment and Coordination, далі – UNDAC) є важливою частиною міжнародної системи реагування на надзвичайні ситуації, спеціально розробленої для ліквідації раптових надзвичайних ситуацій. Заснована в 1993 році, UNDAC має на меті підтримку ООН та урядів постраждалих країн на початковому етапі раптової надзвичайної ситуації. Групи UNDAC можуть швидко розгортатися в будь-якій частині світу протягом 12-48 годин після виникнення надзвичайної ситуації. Вони допомагають координувати

надходження міжнародної допомоги на державному рівні та/або безпосередньо на місці надзвичайної ситуації. Ці групи є повністю самодостатніми і володіють різноманітними навичками, такими як координація, оцінка потреб та управління інформацією.

**Євроатлантичний координаційний центр реагування на катастрофи** (Euro-Atlantic Disaster Response Coordination Centre, далі – EADRCC). Починаючи з 1950-х років НАТО відіграє вирішальну роль у цивільному захисті. Залучення НАТО ще більше розширилось після ухвалення в 1999 році «Стратегічної концепції», в якій було визнано, що масштабні надзвичайні ситуації цивільного характеру можуть становити загрозу безпеці і стабільності. EADRCC, створений Радою євроатлантичного партнерства (Euro-Atlantic Partnership Council, далі – EAPC) в 1998 році, працює як регіональний координаційний механізм з надання інформації, пов'язаної з катастрофами, окремим країнам-членам НАТО і країнам-партнерам. Він функціонує подібно до Європейського центру координації реагування на катастрофи, виконуючи роль координаційного механізму між запитами про допомогу і пропозиціями щодо неї.

**Боннська угода** слугує механізмом співпраці між державами Північного моря та Європейським союзом для вирішення проблеми забруднення в регіоні Північного моря внаслідок морських катастроф і хронічного забруднення з кораблів та морських установок. В рамках цієї угоди країни спільно працюють над пом'якшенням наслідків таких інцидентів, підкреслюючи важливість міжнародного співробітництва у вирішенні екологічних надзвичайних ситуацій.

**Механізм цивільного захисту ЄС** – це найбільша у світі система надання міжнародної координованої оперативної допомоги в разі надзвичайних ситуацій, що особливо актуально для України, у якій вже понад три роки йде повномасштабна війна. Рішення про заснування Механізму цивільного захисту Рада Європейського союзу прийняла 23 жовтня 2001 року в м. Люксембурзі. У грудні 2013 року Механізм було вдосконалено шляхом масштабного перегляду законодавства, що ознаменувало суттєву еволюцію ролі та мандату EUCPM. Цей перегляд був спрямований на покращення координації та співпраці між державами-членами ЄС, а також на посилення механізмів готовності та реагування. Комплексна політика управління кризовими ситуаціями охоплює запобігання катастрофам, готовність до них та вдосконалення механізмів реагування. Зміни покликані забезпечити більш ефективне та дієве реагування на катастрофи, тим самим краще захищаючи громадян ЄС та постраждалі регіони в усьому світі. Останні зміни до положення про Механізм цивільного захисту Європейського союзу були прийняті в 2021 році. Вони включають різноманітні ресурси і форми допомоги від 28 країн-членів та 4 країн-кандидатів в ЄС [6].



Рисунок 1 – Стратегія стійкості ЄС до катастроф

З моменту свого заснування – UCPM був активований понад 650 разів реагуючи на прохання про допомогу в надзвичайних ситуаціях, що надходили як від держав ЄС, так із поза його меж. Рішення про активацію UCPM приймається в рамках Координаційного центру з питань надзвичайних ситуацій постраждалої країни. Таке рішення приймається, коли стає

очевидним, що масштаби катастрофи перевищують державні можливості ліквідації наслідків. Послідовність активації передбачає проведення аналізу прогалин для визначення того, які додаткові ресурси (модулі, або фахівці) знадобляться для ефективного вирішення ситуації.

В основі потенціалу швидкого реагування ЄС лежить Координаційний центр реагування на надзвичайні ситуації (ERCC).



**Рисунок 2** – Структура координаційного центру реагування на надзвичайні ситуації

ERCC відіграє ключову роль у моніторингу глобальних надзвичайних ситуацій в режимі реального часу та координації швидкого реагування.

Під час криз ERCC діє як життєво важлива ланка, що з'єднує державні органи цивільного захисту з міжнародними групами реагування на катастрофи. Центр також відіграє важливу роль у координації операцій з цивільного захисту та гуманітарної допомоги, проведенні спільних оцінок потреб та посиленні координації реагування на кризові ситуації на європейському рівні

Його функції багатогранні: від постійного моніторингу надзвичайних ситуацій у всьому світі до координації реагування ЄС на катастрофи та обміну найважливішою інформацією з країнами-учасницями. Саме завдяки такому обміну інформацією ERCC може відстежувати і контролювати глобальні надзвичайні ситуації, ефективно реагуючи на них і вирішуючи їх. Після активації UCPM, ERCC тісно співпрацює з постраждалою країною, щоб проаналізувати масштаби катастрофи та оцінити тип необхідної допомоги. Залежно від характеру кризи, ERCC може мобілізувати широкий спектр ресурсів – від пошуково-рятувальних команд і медичних підрозділів до пожежників і логістичної підтримки. Всі ці ресурси беруться з резерву цивільного захисту, добровільного об'єднання ресурсів, наданих країнами-членами ЄС.

**Європейський медичний корпус** (European Medical Center, далі – EMC): Європейський медичний корпус, створений під час епідемії лихоманки Ебола в Західній Африці в 2014 році, продовжує координувати ефективне європейське реагування на надзвичайні ситуації в галузі охорони здоров'я в рамках Механізму цивільного захисту ЄС. Ця структура відіграє важливу роль у боротьбі з кризами у сфері охорони здоров'я, включаючи пандемію COVID-19. EMC символізує колективну медичну міць Європи. Він готовий реагувати на надзвичайні ситуації у сфері охорони здоров'я, забезпечуючи скоординоване та ефективне втручання європейської системи громадського здоров'я. Можливості EMC варіюються від надання безпосередньої допомоги пацієнтам, проведення швидкої діагностики в найсучасніших мобільних лабораторіях біобезпеки до управління медичною евакуацією.

**Спільна система зв'язку та інформації в надзвичайних ситуаціях** (Common Emergency and Information System, далі – CECIS) забезпечує швидке, добре скоординоване та ефективне реагування на надзвичайні ситуації, підкріплюючи прагнення UCPM до солідарності, співпраці

та захисту людей, довкілля та майна перед викликами стихійних лих. Система зв'язку та інформації є ключовим комунікаційним та інформаційним інструментом в рамках UCPM. Програма слугує безпечною та ефективною платформою для обміну інформацією в режимі реального часу між країнами-учасницями та ERCC. Коли країна стикається з катастрофою, яка виходить за межі її можливостей, вона може надіслати екстрений запит через CECIS, щоб активувати UCPM. Після отримання запиту ERCC координує свої дії з відповідними державними органами для оцінки ситуації та необхідної допомоги.

**Супутниковий центр ЄС** (European Union Satellite Centre, далі – SatCen) проводить геопросторову розвідку, яка підвищує обізнаність ЄС про ситуацію під час надзвичайних ситуацій. Така інформація відіграє вирішальну роль у прийнятті рішень та плануванні операцій з ліквідації наслідків катастроф.

**Європейська система оповіщення про повені** (European Flood Awareness System, далі – EFAS) пропонує систему завчасного попередження про повені в Європі. Надаючи прогнози повеней та оцінки їх наслідків, вона дає змогу державам-членам підготуватися до них та ефективніше реагувати на них.

**Європейський резерв цивільного захисту** (European Civil Protection Pool, далі – ECPP) створений з метою розвитку європейського співробітництва у сфері цивільного захисту. Коли трапляється стихійне лихо і UCPM отримує запит на допомогу, ECPP може негайно розгорнути свої команди реагування на надзвичайні ситуації, обладнання та інші ресурси. Ці ресурси проходять суворий процес сертифікації та реєстрації під наглядом Європейської комісії, яка гарантує, що вони відповідають високим оперативним стандартам. Ця сертифікація передбачає участь у навчаннях з моделювання катастроф, що дає можливість постійно оцінювати їхню ефективність під час міжнародних операцій.

ECPP продемонстрував універсальність у реагуванні на різноманітні виклики. Доступ до комплексних оцінок ризиків та систем раннього попередження допомагає державам-членам виявляти та відстежувати потенційні небезпеки, що дозволяє їм вживати проактивних заходів для зменшення ризиків та запобігання катастрофам.

Входження до UCPM надає державам низку суттєвих переваг, які ефективно зміцнюють і збагачують їхню державну систему управління у сфері надзвичайних ситуацій. Ці переваги пронизують усі етапи управління надзвичайними ситуаціями, включаючи запобігання, підготовку, реагування та відновлення. Членство в UCPM сприяє проактивному підходу до зменшення ризиків катастроф, розгортання систем раннього попередження та ініціювання ефективних превентивних заходів. Під час надзвичайних ситуацій ERCC функціонує як важливий комунікаційний вузол, що забезпечує оперативну мобілізацію та розгортання ресурсів для надання допомоги. Моніторинг ERCC в режимі реального часу надзвичайних ситуацій по всьому світу дає змогу державам-членам отримувати інформацію про розвиток подій і приймати обґрунтовані рішення щодо власних заходів реагування від боротьби з лісовими пожежами до вирішення складних хімічних, біологічних, радіологічних і ядерних інцидентів. Широка сфера діяльності забезпечує готовність країн-членів до різноманітних надзвичайних ситуацій. Підвищення потенціалу в галузі практичних тренувань і навчань UCPM керує численними проектами, спрямованими на розвиток готовності до стихійних лих та реагування на них серед своїх членів. Це включає низку тренінгів, семінарів та імітаційних вправ, присвячених різним аспектам управління надзвичайними ситуаціями.

Механізм заохочує транснаціональну співпрацю, сприяє стандартизації процедур і забезпечує основу для держав, щоб пропонувати та отримувати допомогу в добре скоординований і впорядкований спосіб, гарантує глобальну солідарність і співпрацю під час катастроф.

#### **Резервний фонд у дії:**

- Землетрус у Туреччині (2023): 6 лютого 2023 року в Туреччині стався землетрус магнітудою 7,8. Того ж дня країна активувала Механізм цивільного захисту ЄС (UCPM), подавши запит про допомогу до UCPM. Після запиту 12 держав-членів UCPM розгорнули величезний портфель ресурсів Європейського механізму цивільного захисту. Це були міські пошуково-рятувальні групи та бригади екстреної медичної допомоги, які були доставлені до Туреччини.

- Лісові пожежі в Чилі (2023): 3 2 лютого кілька лісових пожеж спричинили хаос у 100 км на схід від Сантьяго-де-Чилі. Країна закликала допомогти в приборканні лісових пожеж. У рамках Європейського механізму цивільного захисту Іспанія розгорнула Групу з оцінки лісових пожеж (FFAT), а Італія надала Чилі Групу технічної допомоги та підтримки. Португалія і Франція направили в країну пожежників для підтримки операцій з гасіння пожеж у країні.

- Повені в Італії (2023): У травні 2023 року кілька регіонів Італії постраждали від сильних повеней і зсувів ґрунту після посилення кількості опадів у цьому регіоні. 20 травня 2023 року Італія активувала Механізм цивільного захисту ЄС. Франція, Словенія, Бельгія та Словаччина прийняли запит Італії про допомогу та розгорнули в Італії високопродуктивні насосні модулі.

- Лісові пожежі в Канаді (2023): Коли в травні 2023 року в Канаді спалахнули кілька лісових пожеж, країна закликала до підтримки для боротьби з вогнем у регіоні. Відповідаючи на запит 8 червня 2023 року Франція направила в країну 109 пожежників. Команда допомогла загасити 2 великі пожежі на площі 2873 га та 26749 га. 14 червня Португалія наслідувала цей приклад і перевела 30 пожежників у складі Європейського механізму цивільного захисту до Канади. Вогнеборці допомогли локалізувати та загасити дві великі пожежі площею 481 096 га та 7 918 га. Обидві команди вилетіли з Канади і повернулися на свої бази 28 і 29 червня відповідно.

- Повені в Лівії (2023). Сильні дощі, що налетіли на Лівію у вересні 2023 року, спричинили масштабні повені, які вплинули на населення регіону. Франція направила екстрену медичну допомогу в країну, яка прибула 13 вересня 2023 року. Виконавши свій обов'язок, команда повернулася до Франції 12 жовтня.

- Повені в Німеччині (2023). Коли в грудні 2023 року Німеччину вразила сильна повінь, вона звернулася за допомогою до держав-членів УСРМ. Франція надала країні потужності для стримування повеней.

#### **4. Механізм цивільного захисту та війна Україна**

У лютому 2022 року повномасштабне вторгнення росії в Україну призвело до серйозних гуманітарних проблем. Найскладніша ситуація склалася на сході та північному сході України, особливо вздовж лінії фронту, на півдні України та на окупованих росією територіях.

Щоб надати екстрену допомогу українцям, Європейська Комісія координує свою найбільшу операцію в рамках Механізму цивільного захисту ЄС.

20 квітня 2023 р. – підписано угоду між Україною та Єврокомісією про участь України в УСРМ.

Це забезпечило Україні доступ до європейських координаційних інструментів реагування на надзвичайні ситуації (ERCC/CECIS), до оперативних запасів і можливостей резервного фонду, до сертифікованих команд (ЕСРР), а також до програм підготовки, навчань і спільних закупівель/логістики. Наслідком стало значне і скоординоване постачання в Україну медичної допомоги, тимчасового житла, генераторів, водоочистних модулів та великої кількості медевакуацій; також механізм посилив можливості планування, зв'язку та спільного реагування.

Серед основних переваг, які отримала Україна після приєднання до механізму цивільного захисту ЄС, став швидкий доступ до скоординованої допомоги – замість пошуку кожної країни окремо, доступ до стратегічного резервного фонду – особливо важливо для енергопостачання лікарень та інших важливих об'єктів, можливість участі в сертифікації та навчаннях – підвищення власних можливостей реагування та сумісності з європейськими стандартами, підвищення логістичної ефективності та прозорості – ERCC/CECIS зменшують дублювання і затримки.

З початку повномасштабного вторгнення російської федерації, ЄС створив логістичні центри в Польщі, Румунії та Словаччині для ефективнішого постачання товарів до України. Станом на початок січня 2025 року було доставлено понад 155 000 тонн допомоги.

З огляду на величезну потребу України в аварійному обладнанні, ЄС виділив допомогу зі своїх запасів Резервного фонду, зокрема:

- генератори енергії;
- медичне обладнання;
- тимчасові укриття;

- станції очищення води у зв'язку з проривом дамби Нової Каховки;
- спеціалізоване обладнання для боротьби з ризиками для здоров'я населення, такими як хімічні, біологічні, радіологічні та ядерні загрози.

З початку повномасштабного вторгнення України було надано гуманітарної допомоги на 1,214 млрд євро Європейською комісією та 4,2 млрд – гуманітарне фінансування ЄС та його членів.

Приєднання України до УСРМ стало важливим етапом практичної інтеграції у європейські механізми цивільного захисту. Воно надало Україні інструменти для швидшого та скоординованого отримання допомоги (медевак, генератори, тимчасове житло, медичні вантажі), підвищення власної підготовленості через участь у навчаннях і сертифікації, а також покращило координацію між національними і міжнародними партнерами у кризових ситуаціях. Водночас ефективність залежить від продовження внутрішніх реформ, сертифікацій та посилення логістичної спроможності.

### Висновки

Приєднавшись до УСРМ, держави отримують право використовувати спільний резерв ресурсів і компетенцій, тим самим посилюючи свій потенціал реагування на катастрофи. Транснаціональна співпраця за сприяння УСРМ покращує обмін ресурсами, досвідом та найкращими практиками між країнами-членами, розвиваючи культуру співробітництва та взаємної підтримки. УСРМ надає країнам-членам платформу для обміну досвідом та інноваційними підходами до зниження ризиків, що дає їм можливість вчитися один у одного та впроваджувати успішні стратегії. Доступ до комплексних оцінок ризиків та систем раннього попередження допомагає державам-членам виявляти та відстежувати потенційні небезпеки, що дозволяє їм вживати проактивних заходів для зменшення ризиків та запобігання катастрофам.

Членство в УСРМ гарантує, що жодна країна не залишиться наодинці у боротьбі з кризовими ситуаціями. Механізм цивільного захисту ЄС забезпечує швидкий доступ до допомоги, додаткові ресурси та обмін досвідом – і все це з метою зміцнення стійкості, підвищення готовності та взаємної підтримки.

### Список використаних джерел

1. Бойко О.А. «Державне управління у сфері цивільного захисту: подальше вдосконалення законодавства в умовах дії воєнного стану», *Науковий вісник: Державне управління*: 2022 № 2 (12), С. 195-216
2. Україна стала повноправним учасником Механізму цивільного захисту ЄС URL: [https://euneighbourseast.eu/uk/news/latest-news/ukrayina-stala-povnopravnym-uchasnykom-mehanizmu-cyvilnogo-zahystu-yes/?utm\\_source=chatgpt.com](https://euneighbourseast.eu/uk/news/latest-news/ukrayina-stala-povnopravnym-uchasnykom-mehanizmu-cyvilnogo-zahystu-yes/?utm_source=chatgpt.com).
3. Клименко Н. Г. (2022). «Сутність Механізму цивільного захисту ЄС та перспективи набуття Україною повноправного членства в ньому». Публічне урядування, 5 (33), С. 23-33.
4. Клименко Н.Г. «Особливості забезпечення цивільного захисту в умовах воєнного стану». *Науковий вісник: Державне управління*. 2022. № 2 (12). С. 218 – 233. URL: [https://doi.org/10.33269/2618-0065-2022-2\(12\)-218-233](https://doi.org/10.33269/2618-0065-2022-2(12)-218-233).
5. Подскальна О. А. Приєднання України до механізму цивільного захисту європейського союзу – один із пріоритетів її європейського вибору. *Інвестиції: практика та досвід*. 2015. № 19. С. 130–134.
6. Подскальна О. А. Приєднання України до механізму цивільного захисту європейського союзу – один із пріоритетів її європейського вибору. *Інвестиції: практика та досвід*. 2015. № 19. С. 130–134.
7. Про ратифікацію Угоди між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, з іншої сторони, щодо участі України в Механізмі цивільного захисту Європейського союзу: Закон України від 8 листопада 2023 року № 3434-IX.
8. Щодо уповноваження Державної служби України з надзвичайних ситуацій на здійснення функцій національного координатора участі України в Механізмі цивільного захисту Європейського Союзу: Постанова Кабінету Міністрів від 10 травня 2024 року № 535.

9. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 2 жовтня 2012 року № 5403-VI: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

10. Потеряйко С. П. Теоретико-методологічні засади становлення та розвитку системи державного управління сферою цивільного захисту України: дис. д.держ.упр.: 25.00.05 / Міжрегіон. акад. упр. персоналом. Київ, 2022.

### References

1. Boyko O.A. "Public Administration in the Field of Civil Protection: Further Improvement of Legislation Under Martial Law Conditions," *Scientific Herald: Public Administration*: 2022 No. 2(12): pp. 195-216/

2. "Ukraine Becomes a Full Member of the EU Civil Protection Mechanism" URL:[https://euneighbourseast.eu/uk/news/latest-news/ukrayina-stala-povnopravnym-uchasnykom-mehanizmu-cyvilnogo-zahystu-yes/?utm\\_source=chatgpt.com](https://euneighbourseast.eu/uk/news/latest-news/ukrayina-stala-povnopravnym-uchasnykom-mehanizmu-cyvilnogo-zahystu-yes/?utm_source=chatgpt.com).

3. Klymenko N. H. (2022). "The Essence of the EU Civil Protection Mechanism and Prospects for Ukraine's Full Membership," *Public Governance*, 5(33), pp. 23-33.

4. Klymenko N.H. "Features of Civil Protection Provision Under Martial Law Conditions," *Scientific Herald: Public Administration*. 2022. No. 2(12), pp. 218–233. URL: [https://doi.org/10.33269/2618-0065-2022-2\(12\)-218-233](https://doi.org/10.33269/2618-0065-2022-2(12)-218-233).

5. Podskalna O. A. "Ukraine's Accession to the EU Civil Protection Mechanism – A Key Priority of Its European Choice," *Investments: Practice and Experience*, 2015. No. 19, pp. 130–134.

6. Decision No. 1313/2013/EU of the European Parliament and the Council of December 17, 2013, on the Union Civil Protection Mechanism (OJ L 347, 20.12.2013, p. 924).

7. On the Ratification of the Agreement Between Ukraine and the European Union Regarding Ukraine's Participation in the Union Civil Protection Mechanism: Law of Ukraine No. 3434-IX of November 8, 2023.

8. On Authorizing the State Emergency Service of Ukraine to Perform the Functions of National Coordinator for Ukraine's Participation in the EU Civil Protection Mechanism: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 535 of May 10, 2024.

9. Civil Protection Code of Ukraine: Law of Ukraine No. 5403-VI of October 2, 2012. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

10. Poteriyko S. P. "Theoretical and Methodological Foundations for the Establishment and Development of the Civil Protection Public Administration System in Ukraine: Doctoral Dissertation in Public Administration, 25.00.05 / Interregional Academy of Personnel Management, Kyiv, 2022."

## ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ВОГНЕЗАХИСТУ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ПЕРЕКРИТТІВ МАШИННИХ ЗАЛІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

### Роман ВЕСЕЛІВСЬКИЙ

кандидат технічних наук, доцент, докторант докторантури-ад'юнктури Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
roman\_veselivskuy@yahoo.com, ORCID: 0000-0003-3266-578X

### Андрій ГАВРИСЬ

кандидат технічних наук, доцент, заступник начальника кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
havrys.and@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2527-7906

### Тарас БОЙКО

кандидат технічних наук, проректор з організації служби та підготовки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
tarasboyko78@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0882-2637

### Андрій ТАРНАВСЬКИЙ

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
andry090880@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4625-2022

### Назарій ТУР

здобувач четвертого (освітньо-наукового) рівня вищої освіти Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
rptb2020@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0557-5351

**Мета дослідження:** моделювання процесу газового середовища для визначення залежності тривалості горіння водню і висоти факела полум'я від геометричного розміру отвору витікання водню при його викиді із корпусу турбогенератора та впливу температури на сталеві конструкції перекриттів машинних залів електричних станцій.

**Методи дослідження:** аналіз причин виникнення аварій та пожеж під час експлуатації водневого устаткування турбогенераторів електростанцій, аналіз дії небезпечних факторів можливих пожеж на несучі конструкції машинних залів електричних станцій та моделювання процесів викиду водню із корпусу турбогенератора з утворенням горючих воднево-повітряних сумішей та факельного горіння на прикладі машинного залу електростанції.

**Результати:** при оцінюванні параметрів можливого горіння водню у вигляді факела полум'я встановлено, що його довжина буде становити 12-23 м. При цьому сталеві несучі конструкції машинного залу, що віддалені від вогнища пожежі на відстані до 23 м (конструкції крокв, покриття машинного залу або колони залу) протягом до 22 с можуть перебувати у середовищі з температурою близько 2000 °С, яка дорівнює температурі горіння водню у відкритому повітрі. Виконаний розрахунок свідчить про необхідність вогнезахисту несучих сталевих конструкцій машинного залу вогнезахисними матеріалами, які забезпечують межу вогнестійкості не менше 45 хвилин за вуглеводневою кривою

**Теоретична цінність дослідження:** робота узагальнює розуміння теплової дії пожежі на сталеві будівельні конструкції внаслідок виникнення горіння водню з утворенням факела полум'я або утворенням вибухонебезпечної суміші, яка згодом може вибухнути.

**Практична цінність дослідження:** отримані дані можуть бути використані для розробки рекомендацій та технічних параметрів вогнезахисту сталевих будівельних конструкцій машинних залів електричних станцій при їх проектуванні.

**Оригінальність:** дослідження підтверджують, що горіння водню у вигляді факела полум'я внаслідок пошкодження турбогенератора буде залежати від геометричних розмірів отвору витікання водню, а його висота може становити 12-23 м. На основі отриманих результатів обґрунтовано необхідність вогнезахисту сталевих будівельних конструкцій машинних залів електричних станцій, оскільки вони будуть нагріватися за вуглеводневою кривою, що призведе до значних руйнувань в короткі проміжки часу.

**Ключові слова:** вогнезахист, сталева конструкція, водень, вуглеводнева крива, турбогенератор, машинний зал, турбінне масло, вибух, пожежа, факел полум'я.

## JUSTIFICATION OF THE NEED FOR FIRE PROTECTION OF STEEL STRUCTURES OF THE FLOORS OF ELECTRICAL MACHINE ROOMS

**Roman VESELIVSKYI**

Ph.D., Associate Professor, Doctorate in full-time doctoral studies, Lviv State University of Life Safety,  
roman\_veselivskuy@yahoo.com, ORCID: 0000-0003-3266-578X

**Andrii HAVRYS**

Ph.D., Associate Professor, Deputy Head of the Department of Civil Protection,  
Lviv State University of Life Safety,  
havrys.and@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2527-7906

**Taras BOIKO**

Ph.D., Vice-Rector for Service Organization and Training, Lviv State University of Life Safety,  
tarasboyko78@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0882-2637

**Andrii TARNAVSKYI**

Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety,  
andry090880@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4625-2022

**Nazarii TUR**

graduate of the fourth (educational and scientific) level of higher education at the Lviv State University of Life Safety,  
rptb2020@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0557-5351

**Purpose:** modeling of the gas environment process to determine the dependence of the hydrogen combustion duration and flame height on the geometric size of the hydrogen outlet hole when it is released from the turbine generator housing and the temperature effect on the steel structures of the floors of the machine rooms of power plants.

**Methods:** analysis of the causes of accidents and fires in the operation of hydrogen equipment of turbine generators of power plants, analysis of the impact of hazardous factors of possible fires on the load-bearing structures of power plant engine rooms and modeling of hydrogen emission processes from the turbine generator housing with the formation of combustible hydrogen-air mixtures and flare combustion on the example of a power plant engine room.

**Results:** when assessing the parameters of possible hydrogen combustion in the form of a flame plume, it was found that its length will be 12-23 m. At the same time, the steel bearing structures of the engine room, which are located at a distance of up to 23 m from the fire (rafter structures, the roof of the engine room or columns of the room), can be exposed to an environment with a temperature of about 2000 °C, which is equal to the temperature of combustion of hydrogen in the open air for up to 22 seconds. The calculation shows that it is necessary to fireproof the load-bearing steel structures of

the machine room with fireproof materials that provide a fire resistance limit of at least 45 minutes according to the hydrocarbon curve.

**Theoretical Value:** the work summarizes the understanding of the thermal effect of fire on steel building structures due to the occurrence of hydrogen combustion with the formation of a flame plume or the formation of an explosive mixture that can subsequently explode.

**Practical Value:** The data obtained can be used to develop recommendations and technical parameters for fire protection of steel building structures of power plant engine rooms when designing them.

**Originality:** studies confirm that hydrogen combustion in the form of a flame plume due to damage to the turbine generator will depend on the geometric dimensions of the hydrogen leakage hole and its height can be 12-23 m. On the basis of the obtained results, the necessity of fire protection of steel building structures of power plant engine rooms is substantiated, since they will be heated according to the hydrocarbon curve, which will lead to significant destruction in a short period of time.

**Keywords:** fire protection, steel structure, hydrogen, hydrocarbon curve, turbine generator, engine room, turbine oil, explosion, fire, flame plume.

**Вступ.** Розвиток науково-технічного процесу, а особливо в галузі енергетики супроводжується постійним вдосконаленням технологій отримання електроенергії та підвищенням продуктивності атомних та теплових електростанцій. При збільшенні потужності та коефіцієнта корисної дії електричних генераторів виникає необхідність вдосконалення системи їх охолодження [1-3].

Відомо, що експлуатація турбогенераторів атомних та теплових електростанцій супроводжується виділенням тепла, яке сприяє нагріванню складових частин генератора та може призвести до аварійної ситуації. Оскільки турбогенератори експлуатуються впродовж тривалого часу, то процес безперервного охолодження обладнання генератора у цьому випадку відіграє важливу роль, оскільки його перегрівання може призвести до аварійних ланцюгових реакцій, пожеж, вибухів тощо. Температурний вплив та тепловий потік спричинений пожежею внаслідок аварійної ситуації може призвести до руйнування сталевих несучих конструкцій в короткі проміжки часу.

Сьогодні в якості охолоджувача генераторів використовують: повітря, водень, дистильовану воду, масло [4, 5], які циркулюють по охолоджувальних каналах та відводять тепло від нагрітих елементів.

В сучасних турбогенераторах застосовують газоподібний водень в якості охолоджувача, що зумовлене його високою теплопровідністю і теплоємністю. Охолодження турбогенераторів воднем є більш ефективним, порівняно з повітряним, оскільки коефіцієнт теплопередачі водню, порівняно з повітрям, є у 1,5 раза більшим, а теплопровідність – у 7 разів вища. Застосування водню в системі охолодження обмоток турбогенератора, порівняно з повітрям, не призводить до окислення ізоляції електричних проводів [6].

Попри переваги при охолодженні слід звернути увагу на недоліки застосування водню. Так, зважаючи на дослідження [7-10], при контакті водню з металевими елементами турбогенератора (підшипники, деталі ротора) він може сприяти корозії та подальшому руйнуванню металу, чим погіршує експлуатаційні властивості цих елементів. Можливість проникнення газоподібного водню через пористі ущільнюючі матеріали і найменші нещільності у корпусі турбогенератора та трубопроводах зумовлена його фізико-хімічними властивостями [11], а витікання водню з корпусу турбогенератора достатньо важко виявити вже на відстані 0,25-0,3 м від місця його витоку. Тому у турбогенераторів з водневим охолодженням необхідно забезпечити високу газошільність обмоток статора і ротора, газоохолоджувачів, люків і знімних торцевих щитів [12, 13].

Також одним із основних недоліків водневого охолодження турбогенераторів та використання водню у технологічних процесах електричних станцій є його здатність утворювати з повітрям та парами масла вибухонебезпечні суміші [14-16]. Можливі витіки водню у процесі експлуатації технічних агрегатів можуть призвести до утворення горючої

воднево-повітряної суміші у повітрі та спричинити вибух, пожежу та руйнування несучих сталевих конструкцій перекриттів машинних залів електричних станцій.

Враховуючи вищезазначене, актуальним є завдання запобігання виникненню аварій і пожеж під час експлуатації водневого устаткування турбогенераторів атомних та теплових електростанцій та прогнозування процесів викиду вибухо- та пожежонебезпечних воднево-повітряних сумішей для визначення їх впливу на будівельні конструкції машинного залу електричної станції.

**Постановка проблеми.** Під час експлуатації турбогенераторів з водневим охолодженням зафіксовано значну кількість вибухів водню з наступним виникненням пожежі у машинних залах електричних станцій (рисунок 1). Наслідки пожежі досить часто призводять до обвалення покрівлі машинного залу та зупинки цілого енергоблоку через втрату вогнестійкості несучих сталевих конструкцій.



Наслідки загоряння турбінного масла турбогенератора з наступним вибухом водню



Наслідки руйнування покрівлі машинного залу після вибуху водню у корпусі турбогенератора на ТЕЦ-1



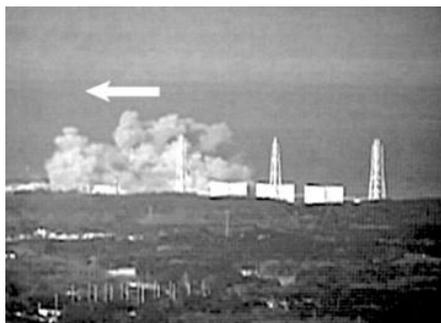
Пожежа на покрівлі машинного залу внаслідок загоряння турбінного масла у турбогенераторі Бурштинської ТЕС



Наслідки пожежі після вибуху водню у турбогенераторі машинного залу № 2 Чорнобильської АЕС

**Рисунок 1** – Наслідки вибухів водню і пожеж у машинних залах електричних станцій при порушенні норм експлуатації турбогенераторів з водневим охолодженням

Ще одним яскравим прикладом небезпеки водню є його вибухи під час аварії на АЕС [17,18] у префектурі Фукусіма внаслідок землетрусу в Японії у 2011 році (рисунок 2).



**Рисунок 2** – Вибух (детонація) водню на першому, третьому та четвертому енергоблоках після вентиляційних операцій на АЕС “Фукусіма-1”

На рисунку 3 показано наслідки витоку водню через картери підшипників турбогенератора з подальшим його вибухом та руйнуванням обладнання.



**Рисунок 3** – Наслідки вибуху водню при витоку через картери підшипників турбогенератора

У суміші з повітрям водень може накопичуватися під обшивкою турбогенератора, в результаті чого можуть виникати локальні вибухи горючої воднево-повітряної суміші з наступним пошкодженням чи руйнуванням обшивки. Саме локальний вибух воднево-повітряної суміші під обшивкою турбогенератора призвів до масштабної пожежі на енергоблоці ДРЕС-2 (с. Іллінське, Сахалін) (рисунок 4).



**Рисунок 4** – Пожежа на покрівлі машинного залу внаслідок вибуху водню у корпусі турбогенератора енергоблоку

На рисунку 5 показано наслідки руйнувань після вибуху воднево-оливної суміші в турбогенераторному залі Каширської ТЕС у 2002 році, де найбільш вірогідною причиною виникнення аварії було руйнування і виліт невеликого фрагмента бандажного кільця ротора генератора. Детонація була такої сили, що корпус машинного залу склався, розсипалось перекриття і обвалилася покрівля [19].



**Рисунок 5** – Руйнування внаслідок вибуху воднево-оливної суміші в турбогенераторному залі ТЕС

Аналіз статистичних даних про виникнення аварійних ситуацій (пожеж), які пов'язані з витоками водню із технологічного устаткування свідчить про недостатню кваліфікацію оперативного експлуатаційного персоналу, низьку якість ремонту обладнання, помилки

ремонтного персоналу і порушення ними технічних вимог ремонту устаткування та їх систем, дефекти конструкції обладнання і систем, що забезпечують його роботу.

**Норми щодо запобігання виникненню аварій і пожеж під час експлуатації водневого устаткування турбогенераторів.** Згідно з пунктом 5.2.10 відомчих будівельних норм України [20], для турбогенераторів з водневим охолодженням повинна передбачатися система автоматичного викиду водню з корпусу турбогенератора за межі машинного залу. Пропускна здатність системи і необхідна її швидкодія повинна визначатися розрахунковим способом виходячи із необхідності зниження тиску водню до 1,0 атм. за час 20 с, що визначається допустимою тривалістю теплової дії горючого факела водню на несучі конструкції покриття машинного залу.

Трубопровід для аварійного скидання водню з корпусу турбогенератора виводиться в атмосферу на 2,0 м вище за позначку покрівлі машинного залу [21].

Також для запобігання виникненню аварій та пожеж нормами [22] встановлено ряд заходів, зокрема:

1. Під час експлуатації газо-масляної системи генераторів необхідно запобігати утворенню вибухонебезпечної газової суміші, не допускаючи:

– вмісту кисню у водні у корпусі генератора понад 1,2 %, а у поплавковому затворі, бачку продування та водневовіддільному баці маслоочисного пристрою – понад 2 %;

– вмісту водню у струмопроводах генератора понад 1 %, а у картерах підшипників – понад 2 %.

2. Витискати з генератора водень або повітря необхідно інертним газом, мінімальна концентрація якого після закінчення витиснення визначається на виході із корпусу машини і повинна становити:

- вуглекислого газу – 85 % у разі витиснення повітря і 95 – % у разі витиснення водню;
- азоту – 97 % у разі витиснення повітря і водню.

3. Повноту продування генератора інертним газом у разі витиснення повітря або водню слід підтвердити аналізом газу.

Перед розкриванням корпусів генераторів та апаратів газо-масляної системи водень повинен бути витиснений інертним газом, а інертний газ – повітрям. Відкривати торцеві щити, люки тощо дозволяється тільки після того, як аналіз підтвердить відсутність вуглекислого газу або (у разі витиснення азоту) достатній вміст кисню у повітрі (не менше, ніж 20 % за об'ємом).

4. У разі виведення в ремонт обладнання та трубопроводів газо-масляної системи необхідно від'єднати трубопроводи або встановити заглушки для виключення можливості проникнення водню або інертного газу на ділянки, що ремонтуються, через нещільність засувок.

5. Роботи з відкритим вогнем (електрозварювання, газове зварювання, різання тощо) на відстані менше 10 м від тих частин газо-масляної системи, що містять водень, слід виконувати за нарядом. У цьому разі в рядку “Окремі вказівки” наряду слід записати додаткові заходи, що створюють безпечні умови виконання роботи (встановлення щитів-екранів, перевірка повітря у приміщенні на відсутність водню, наявність засобів пожежогасіння тощо).

6. Забороняється виконувати вогневі роботи безпосередньо на корпусі генератора, трубопроводах та апаратах газо-масляної системи заповнених воднем.

7. Біля генераторів та пристроїв газо-масляної системи слід вивішувати плакати “Водень. Вогненебезпечно!”.

8. Ремонтні роботи у газо-масляній системі зупиненого і переведеного на повітря генератора можуть виконуватись за розпорядженням.

Також особливу увагу необхідно приділяти використанню систем автоматичного контролю небезпечних концентрацій водню у повітрі машинного залу та системам раннього виявлення надзвичайних ситуацій на об'єктах електричної станції з наявністю горючих речовин і матеріалів [23-25].

Підсумовуючи вимоги нормативних документів слід зазначити, що приклади аварій та пожеж наведених вище у роботі є наслідками порушень саме норм експлуатації (проведення ремонтних робіт) турбогенераторного обладнання електростанцій.

**Причини виникнення аварій та пожеж під час експлуатації водневого устаткування турбогенераторів електростанцій.** Серед причин виникнення аварійних ситуацій з витокom водню, що призводять до зупинки і виходу ладу технологічного устаткування газо-масляної системи турбогенератора, можна виділити такі основні:

- витікання водню через фланцеві з'єднання трубопроводів;
- витікання ущільнюючих матеріалів або гумових прокладочних матеріалів у місцях кришки люка, біля фланців корпусу турбогенератора з наступним можливим займанням водню;
- витікання водню через поплавковий гідрозатвор з наступним займанням або “хлопком” у зливних маслопроводах підшипників;
- витікання і наступне самозаймання водню при різкому відкриванні вентиля на газовому пості;
- витікання водню через гумові прокладочні матеріали системи газового охолодження;
- витікання або прорив водню через картери підшипників турбогенератора з наступним можливим спалахуванням або “хлопком” у картерах підшипника внаслідок дефектів вкладиша ущільнювача;
- витікання водню через зварні з'єднання трубопроводів і комунікацій;
- витікання водню через горизонтальні роз'єми торцевих щитів;
- витікання водню через порушення роботи регуляторів перепаду тиску водню і масла, регуляторів надлишкового тиску масла.

Крім того слід відзначити, що частина зафіксованих випадків витікання водню супроводжувалася займанням або “хлопком” водню.

Наявність в системах водневого охолодження турбогенератора горючого водню у суміші з маслом утворює проблему із забезпечення прийнятної рівня вибухо- і пожежобезпеки у машинному залі електростанції. В основному вибухонебезпечне середовище з водню та парів масла може утворюватися в місцях ущільнення водню маслом, а також у прилеглих вузлах у випадку виникнення аварійних ситуацій із витокom водню.

У корпусі турбогенератора горюче середовище може утворитися за наявності вільного повітряного простору після проведення ремонтних робіт, доступу у систему водневих трубопроводів повітря при порушенні вимог технологічного регламенту або порушенні щільності запірної чи регулюючої арматури.

При нормальних умовах роботи турбогенератора та його допоміжних систем речовини можуть мати температуру, яка перевищує їх температуру спалаху або температуру самозаймання. Проте при дотриманні вимог технологічного регламенту та правил експлуатації устаткування горюче середовище в апаратах утворюватися не буде через відсутність вільного простору в апаратах і трубопроводах, а також відсутність окисника.

Однією з основних причин аварійних зупинок та руйнувань вузлів турбогенераторів з водневим охолодженням також є інтенсивне забруднення водню вологою з домішками кисню, оксидів вуглецю або азоту, турбінного масла [26]. При підвищенні вказаних забруднюючих речовин у водні пожежовибухонебезпека займання і вибуху водню у генераторі суттєво зростає. Основними забруднюючими домішками, що можуть потрапити під корпус турбогенератора, є вода (максимальна концентрація 25-30 г/м<sup>3</sup>), турбінне масло (5,0 г/м<sup>3</sup>), кисень (0,2 г/м<sup>3</sup>), воднево-масляний аерозоль (0,15 г/м<sup>3</sup>).

“Хлопки” воднево-повітряної суміші можливі під час неповного витиснення водню вуглекислим газом з турбогенератора при проведенні планово-профілактичного ремонту і наступним заповненням корпусу апарата повітрям. Вони виникають під час проведення ремонтних зварювальних робіт на трубопроводах системи охолодження.

Також можливе виникнення пожежі при розгерметизації корпусу турбогенератора. У даному випадку при витокu водню з турбогенератора і контакті з киснем повітря може виникнути горіння з утворенням факела полум'я або утворенням вибухонебезпечної суміші, яка згодом може вибухнути. У процесі горіння або вибуху водню виділяється велика кількість тепла для запалювання турбінного масла, яке може витікати з системи змащування і ущільнення вала турбогенератора [27].

Слід зауважити, що при горінні турбінного масла може виникати пожежа в межах площі його розливу як на ділянці обслуговування турбіни і турбогенератора, так і нульовій позначці ( $\pm 0,00$  м – у підвальних приміщеннях). Крім того, утворене вогнище пожежі на ділянці обслуговування турбіни і турбогенератора становитиме небезпеку як для сталевих кроквяних ферм перекриття покрівлі, так і для сталевих колон машинного залу. При пошкодженні сталевих кроквяних ферм перекриття покрівлі і колон машинного залу внаслідок впливу пожежі можливе обвалення цілої покрівлі машинного залу.

**Аналіз дії небезпечних факторів можливих пожеж на несучі конструкції машинних залів електричних станцій.** Тривалий час були відсутні кількісні показники, характеристики динаміки пожежі в машинних залах електричних станцій та їх впливу на основні будівельні конструкції [28]. Так вимоги до мінімальних меж вогнестійкості сталевих ферм машинних залів послідовно зростали з R15 до R45 (від 15 хвилин до 45 хвилин). Через відсутність вогнезахисних складів, здатних задовольнити всі зростаючі вимоги з вогнестійкості, були розроблені рекомендації про охолодження в повному обсязі ферм і колон машинних залів шляхом зрошення їх технічною водою.

Для вирішення завдання кількісної оцінки впливу пожежі на сталеві конструкції каркасу машинного залу, а також отримання об'єктивної оцінки існуючого стану пожежної безпеки, науково-дослідним інститутом пожежної охорони у 1989 році розроблені методи розрахунку прогріву незахищених сталевих конструкцій машинного залу залежно від їх зведеної товщини (відношення площі елемента конструкції до периметру, що обігривається), орієнтації і віддаленості конструкцій від вогнища пожежі. За динамікою прогріву конструкції до критичної температури (як критична температура, що характеризує втрату вогнестійкості конструкції прийнята температура 500 °C) за умовами їх стійкості визначається допустима тривалість і площа пожежі.

У виконаних розрахунках визначальними параметрами, що характеризують вплив пожежі (факела палаючого масла) на сталеві конструкції каркасу машинного залу, прийнято такі:

- для горизонтальних конструкцій –  $H/\sqrt{F}$
- для вертикальних конструкцій –  $X/\sqrt{F}$ ,

де:  $H$  – висота конструкції над вогнищем пожежі;

$X$  – відстань від вогнища пожежі до конструкції;

$F$  – площа вогнища пожежі.

Розглядаються такі варіанти пожеж:

- факельне горіння водню при його витіканні з корпусу генератора;
- горіння масла на майданчику обслуговування, що розлилося з системи мащення і ущільнення генератора;
- факельне горіння струменя масла, що фонтанує із зруйнованого напірного маслопроводу на позначці обслуговування турбіни;
- горіння масла в межах головного маслобака.

Геометричні розміри вогнища пожежі турбінного масла, що надходить з маслоснаповненого обладнання, визначаються витратою масла, тривалістю витікання й в'язкістю масла. Площа вогнища пожежі визначає тривалість впливу пожежі на конструкції машзалу.

Враховуючи значну кількість аварій (пожеж) та причин їх виникнення при експлуатації водневого устаткування турбогенераторів електростанцій, актуальним є моделювання процесу горіння водню та впливу пожежі на несучі конструкції машинних залів електростанцій. Отримані результати моделювання дадуть змогу встановити необхідність вогнезахисту сталевих конструкцій перекриттів машинних залів електричних станцій.

**Метою роботи** моделювання процесу газового середовища для визначення залежності тривалості горіння водню і висоти факела полум'я від геометричного розміру отвору витікання водню при його викиді із корпусу турбогенератора та впливу температури на сталеві конструкції перекриттів машинних залів електричних станцій.

**Методи досліджень.** Аналіз причин виникнення аварій та пожеж при експлуатації водневого устаткування турбогенераторів електростанцій та моделювання процесів викиду

водню із корпусу турбогенератора з утворенням горючих воднево-повітряних сумішей та факельного горіння на прикладі машинного залу електростанції.

**Результати досліджень.** Для виникнення пожежі необхідні три умови: наявність горючих матеріалів, взаємодія горючих матеріалів з киснем і джерелом запалювання. Виходячи з цього, розглянемо ділянки можливого виникнення пожежі в машинному залі електростанції умовно розділивши його об'єм на чотири зони: 1 зона – об'єм машинного залу над майданчиком обслуговування турбіни, 2 зона – майданчик обслуговування турбіни, 3 зона – об'єм машинного залу від позначки  $\pm 0,00$  м до майданчика обслуговування турбіни, 4 зона – об'єм машинного залу нижче за позначку  $\pm 0,00$  м.

При розгерметизації корпусу генератора на позначці обслуговування турбіни ймовірно виникнення пожежі, що підтверджується статистикою пожеж. У цьому випадку при контакті водню з киснем повітря може початися горіння і утворитися дифузійний факел полум'я або вибух. В процесі цих явищ виділяється достатньо енергії для запалення турбінного масла, що витікає із системи змащення й ущільнення вала генератора. Це може призвести до виникнення пожежі в межах площі розливу масла як на майданчику обслуговування турбіни, так і на позначці  $\pm 0,00$  м. Вогнище пожежі на позначці обслуговування турбоустановки може становити небезпеку як для кроквяних ферм конструкцій перекриття, так і для колон машинного залу.

Таким чином, подальшу оцінку впливу пожежі на несучі конструкції машинного залу електростанції проводимо від впливу факельного горіння водню при його витіканні з корпусу генератора.

Згідно з довідковими даними вибухонебезпечні властивості водневої суміші з повітрям характеризуються такими даними: область займання 4,12-75,4 % об., мінімальна енергія запалювання – 0,02 МДж, температура самозаймання – 783 К, нормальна швидкість поширення полум'я – 2,7 м/с, мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню – 5,0 % об. [29].

Геометричні розміри вогнища пожежі при розливі турбінного масла з маслосистеми устаткування розраховуються за формулою (1.1):

$$\frac{R}{\sqrt[3]{Q\tau}} = 0,46 \left( \frac{gQ\tau}{v^2} \right)^{0,06} \cdot \left( \frac{g\tau^2}{\sqrt[3]{Q\tau}} \right)^{0,06}, \quad (1.1)$$

де  $R$  – радіус розтікання турбінного масла, м;  $Q$  – витрата масла, м<sup>3</sup>/с;  $\tau$  – тривалість виділення, с;  $v$  – в'язкість турбінного масла;  $g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

Витрата турбінного масла при його розливі з маслосистеми і ущільнення вала генератора приймається рівною сумі витрат масла через 2 підшипники і 2 ущільнення генератора і може становити до 25 л/с.

Тривалість виділення масла залежить від часу спрацьовування відсічної арматури на маслопроводах. Для вивчення залежності параметрів газоповітряного середовища від площі пожежі тривалість виділення масла приймаємо від 1 до 5 хвилин. В'язкість турбінного масла  $\nu = 23$  і приймається за технічними умовами. Для головного маслобака приймається варіант безнапірної протоки турбінного масла, при цьому площа пожежі приймається чисельно рівна площі його монтажного майданчика.

Можливі параметри горіння водню при розгерметизації корпусу турбогенератора будуть залежати, в основному, від швидкості витікання водню з місця пошкодження, геометричних розмірів отвору, а також від теплофізичних властивостей самого водню, що горить [30].

Швидкість і тривалість витікання водню з місця пошкодження турбогенератора можна розрахувати за такою формулою (1.2):

$$u = \mu \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (P_v - P_a)}{\rho}}, \quad \tau = \frac{V}{d_0^2 \cdot u}, \quad (1.2)$$

де  $\mu = 1$  – коефіцієнт витрати водню через аварійний отвір умовного діаметра  $d_0$ ;  $P_v$  – тиск водню у турбогенераторі, кгс/см<sup>2</sup>;  $P_a$  – атмосферний тиск, кгс/см<sup>2</sup>;  $\rho$  – густина водню за н.у., кг/м<sup>3</sup>;  $V$  – об'єм водню у турбогенераторі, м<sup>3</sup>.

Згідно з технічними характеристиками об'єм водню у турбогенераторі становить  $73 \text{ м}^3$ , а тиск водню –  $3,0 \text{ кгс/см}^2$ . Отже, швидкість витікання водню через аварійний отвір з умовним діаметром  $d_0$  буде становить менше  $330 \text{ м/с}$ .

Розміри полум'я залежать, в основному, від швидкості витікання газу через отвір, геометричного розміру отвору, а також від фізичних властивостей газу, що горить. Для водню в області  $0 \leq Fr \leq 2 \cdot 10^6$  можна визначити висоту факела полум'я при горінні  $L_\phi$  за формулою (1.3):

$$\frac{L_\phi}{d_0} = c \cdot Fr^m \cdot Pr^n \quad [\text{м}], \quad (1.3)$$

де  $d_0$  – геометричний діаметр отвору, м;  $c$ ,  $m$  і  $n$  – постійні коефіцієнти;  $Fr = \frac{u^2}{g \cdot d_0}$  – критерій Фруда;

$Pr = \frac{V}{D}$  – дифузійний критерій Прандтля;  $u$  – швидкість витікання газу, м/с.

Для водню в межах  $Fr > 2 \cdot 10^6$  співвідношення  $\frac{L_\phi}{d_0}$  буде рівне 220-230.

Під час дослідження режимів витікання водню через сопла різної форми було встановлено, що в області значень  $40 \leq Fr \leq 10^5$   $c = 14$ ,  $n = 0$ ,  $m = 0,2$ , а в області значень  $10^5 \leq Fr \leq 2 \cdot 10^6$   $c = 7$ ,  $n = 1$ ,  $m = 0,1$ .

Задаючись значеннями  $d_0 < D_{max}$  при швидкості витікання водню  $300 \text{ м/с}$  за наведеними вище залежностями розраховуємо значення  $L_\phi$  і  $\tau$ . Одержані розрахункові результати наведено у таблиці 1.

**Таблиця 1**

Розрахункові параметри горіння водню при витокі через нещільності турбогенераторної установки

| № | Геометричний діаметр отвору $d_0$ , м (мм) | Висота факела полум'я $L_\phi$ , м | Тривалість горіння $\tau$ , с |
|---|--|------------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 0,005 (5)                                  | 1,15                               | 8850 (147 хв 30 с)            |
| 2 | 0,01 (10)                                  | 2,3                                | 2212 (36 хв 52 с)             |
| 3 | 0,05 (50)                                  | 11,5                               | 89 (1 хв 29 с)                |
| 4 | 0,1 (100)                                  | 23,0                               | 22                            |
| 5 | 0,2 (200)                                  | 46,0                               | 6                             |

Згідно одержаних результатів видно, що найбільша тривалість горіння водню буде відбуватись при його витіканні через отвори з геометричним розміром  $d_0$  в межах  $0,05-0,1 \text{ м}$  ( $50-100 \text{ мм}$ ). При більших значеннях геометричного розміру отвору  $d_0 > 0,1 \text{ м}$  тривалість горіння водню є незначною, а при значеннях  $d_0 < 0,005 \text{ м}$  – довжина факела полум'я  $L_\phi$  не перевищує  $1,15 \text{ м}$ .

Як розрахунковий варіант приймаються варіанти факельного горіння водню з такими параметрами: висота факела полум'я  $23 \text{ м}$ , тривалість горіння  $20 \text{ с}$ ; висота факела полум'я  $12 \text{ м}$ , тривалість горіння  $90 \text{ с}$ .

Оцінка параметрів факельного горіння струменя фонтануючого турбінного масла при розриві напірного маслопроводу проводиться для випадку, коли діаметр отвору чисельно дорівнює діаметру маслопроводу.

Швидкість витікання рідини з отвору визначається за формулою (1.4):

$$v = \phi \sqrt{2\Delta P / \rho} \quad (1.4)$$

де  $\Delta P$  – надмірний тиск в трубопроводі;  $\phi$  – коефіцієнт швидкості, що враховує втрати напору, обумовлені протіканням рідини через отвір, і які характеризуються коефіцієнтом місцевого опору отвору  $\zeta_0$ .

Витрата рідини, що витікає з отвору, обчислюється за формулою (1.5):

$$Q = \mu \omega \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \quad (1.5)$$

де  $\mu = \varphi \varepsilon$  – коефіцієнт витрати отвору.

Усі коефіцієнти витікання залежать від числа Re (Рейнольдса), яке розраховується за формулою (1.6):

$$Re = d \sqrt{2\Delta P / \nu} \quad (1.6)$$

де  $d$  – діаметр отвору, м;  $\nu$  – в'язкість рідини,

Довжина горизонтальної частини струменя, що витікає з вертикального трубопроводу знаходиться за залежністю (1.7):

$$L = \sqrt{\frac{4\varphi\Delta P}{g\rho}} \quad (1.7)$$

Висота вертикального компактного струменя, що витікає з горизонтального трубопроводу може бути оцінена за формулою (1.8):

$$L_k = \alpha \left( \frac{\varphi^2 \Delta P}{g\rho} - 0,000113 \frac{(\varphi^2 \Delta P / g\rho)^2}{\alpha} \right) \quad (1.8)$$

де  $\alpha$  – числовий коефіцієнт, що приймається згідно з таблицею 1.2.

Таблиця 2

Значення коефіцієнта  $\alpha$ 

|                  |      |      |      |      |      |
|------------------|------|------|------|------|------|
| $\Delta P/g\rho$ | 15,2 | 22,7 | 30,5 | 38,1 | 15,7 |
| $\alpha$         | 0,82 | 0,79 | 0,73 | 0,57 | 0,63 |

Відомо, що теплова дія пожежі на конструкції обумовлюється передачею тепла випромінюванням і конвекцією. Залежно від характеру процесу горіння, кількості димового аерозолу, що виділяється, об'єму приміщення і умов повітрообміну, прогрівання конструкцій на різних стадіях пожежі може визначатися або тільки випромінюванням (тільки конвекцією) або спільною дією обох чинників.

Турбулентний конвективний струмінь складається з трьох зон: зони горіння, перехідної зони і зони продуктів горіння:

1 зона – зона горіння, є турбулентною дифузійною частиною полум'я з найбільш високою температурою і радіацією. У цій зоні найбільший вплив на тривалість прогрівання конструкцій робить випромінювання полум'я і міру чорноти тіла, що нагрівається.

2 зона – перехідна область, в якій температури продовжують залишатися високими, але вплив радіації зменшується. Умови нагрівання в цій зоні змінюються по висоті і залежать від температури і випромінювання полум'я, яке помітно ослабляється у міру видалення від області, прилеглої до полум'я. Висота перехідної області може бути прийнята рівною висоті полум'я, а температура на верхній межі зони, прилеглої до конвективної частини струменя, – в два рази меншою, за температуру полум'я.

3 зона – конвективна частина струменя, випромінювання в ній практично не впливає на умови прогрівання, які в основному залежать від зміщення тіла, що нагрівається, відносно осі конвективних струменів і швидкості газоповітряного потоку, що омиває конструкцію.

При оцінюванні параметрів можливого горіння водню у вигляді факела полум'я його довжина буде становити, в основному, 12-23 м. При цьому сталеві несучі конструкції машинного залу, що віддалені від вогнища пожежі на відстані до 23 м (конструкції крокв, покриття машинного залу або колони залу) протягом до 22 с можуть перебувати у середовищі з температурою біля 2000 °С, яка дорівнює температурі горіння водню у відкритому повітрі.

Проведений розрахунок свідчить про необхідність вогнезахисту несучих сталевих конструкцій машинного залу вогнезахисними матеріалами, які забезпечують межу вогнестійкості не менше 45 хвилин за вуглеводневою кривою. Для зменшення впливу пожежі

доцільне застосування теплозахисних екранів для розсіювання тепла факелу з метою захисту несучих сталевих конструкцій.

### Висновки

У роботі виконано аналіз причин виникнення аварійних ситуацій та пожеж при експлуатації водневого устаткування турбогенераторів електростанцій. Встановлено, що діючі норми та профілактичні заходи спрямовані на підвищення рівня пожежної безпеки турбогенераторів при експлуатації машинних залів електростанцій.

Обґрунтовано пожежну небезпеку при експлуатації технологічного обладнання турбінних установок з врахуванням можливості вибухів воднево-повітряних сумішей. Аналіз аварій показав, що здатність водню утворювати з повітрям та парами масла вибухонебезпечні суміші може повністю вивести енергоблок з промислової експлуатації і призвести до значних матеріальних втрат та травмування обслуговуючого персоналу. Утворене вогнище пожежі на ділянці обслуговування турбіни і турбогенератора становитиме небезпеку як для сталевих кроквяних ферм перекриття покрівлі, так і для сталевих колон машинного залу. При пошкодженні сталевих кроквяних ферм перекриття покрівлі і колон машинного залу внаслідок впливу пожежі можливе обвалення цілої покрівлі машинного залу.

У роботі виконано моделювання процесу горіння водню при його викиді із корпуса турбогенератора на прикладі машинного залу електростанції. Проведені дослідження показали, що найбільша тривалість горіння водню буде відбуватись при його витіканні через отвори з геометричним розміром  $d_0$  в межах 0,05-0,1 м (50-100 мм). При більших значеннях геометричного розміру отвору  $d_0 > 0,1$  м тривалість горіння водню є незначною, а при значеннях  $d_0 < 0,005$  м – довжина факела полум'я  $L_f$  не перевищує 1,15 м.

Результати проведених досліджень підтверджують, що внаслідок пошкодження турбогенератора можливе горіння водню у вигляді факела полум'я. При цьому його довжина буде залежати від геометричних розмірів отвору витікання водню і може становити 12-23 м. Будівельні конструкції машинного залу, що потрапляють у зону дії факела полум'я, можуть нагріватися до температури 2000 °С та руйнуватися протягом невеликого проміжку часу.

Виконаний розрахунок свідчить про необхідність вогнезахисту несучих сталевих конструкцій машинного залу для забезпечення межі вогнестійкості не менше 45 хвилин за вуглеводневою кривою.

### Список використаних джерел

1. Gakal, P., Ovsiannykova, O., Przybysz, J., Tretiak, O. (2017). Metoda wyznaczenia rozkładu temperatur w uzwojeniu wirnika chłodzonego bezpośrednio wodorem. *Przegląd Elektrotechniczny*, 2, 43-47. DOI: 10.15199/48.2017.02.11.
2. Kobzar, K., Tretiak, O., Ovsiannykova, O., Poliienko, V., Gakal P. (2018). Designing of high power turbogenerators. *Vestnik KazNRTU*, 4 (128), 164-169.
3. Tretiak, O., Kovryga, A., Repetenko, M., & Nurmetov, R. (2019). Исследование теплового состояния гидрогенератора зонтичного типа методами САЕ. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування, (3), 42–46. <https://doi.org/10.20998/2078-774X.2019.03.06>.
4. Бардик Є. І., Лукаш М. П. Електрична частина станцій та підстанцій. Синхронні генератори: навчальний посібник. Київ: НТУУ «КПІ», 2008. 88 с.
5. Narine, Ganesh, "Causes and Prevention of Electric Power Industry Accidents: A Delphi Study" (2019). *Walden Dissertations and Doctoral Studies*. 7495. <https://scholarworks.waldenu.edu/dissertations/7495>.
6. Tarnavskiy, A., Veselivskyy, R., Panasiuk, A. (2024). Prognozowanie procesu emisji wodoru z obudowy turbogeneratora z powstawaniem palnych mieszanin wodorowo-powietrznych i spalaniem pochodni. *Ochrona ludności i dziedzictwa kulturowego*, 2024, 109-129. doi: <https://doi.org/10.4467/29563763.OLDK.23.016.19139>.

7. Peter Rhys Lewis, Chapter 5 (2016) Small Containers, In Woodhead Publishing in Materials, Forensic Polymer Engineering (Second Edition). Woodhead Publishing, 147-190. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101055-6.00005-7>.

8. Коррозия полых медных проводников в системах непосредственного водяного охлаждения обмоток турбогенераторов / Иванов А.С. [и др.]. *Universum: Технические науки: электрон. научн. журн.* 2016. № 11(32). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/3943>.

9. Maughan, C., Svoboda, M. (2016) Water-cooled stator windings copper oxide issues. *Electrical Insulation Conference (EIC), Montreal, Qc, Canada.* 145-150.

10. Wenyao Li, Ruohan Cao, Lining Xu, Lijie Qiao. (2021) The role of hydrogen in the corrosion and cracking of steels - a review. *Elsevier*, 23-32. <https://doi.org/10.1016/j.corcom.2021.10.005>.

11. Zuettel, A. (2003). Materials for hydrogen storage. *Mater Today.* 24-33.

12. Грубой О. П., Кобзар К. О., Черемісов І. Я., Хаймович Л. Л., Богданов О. А., Гладкий В. В. Створення нових типів та шляхи модернізації діючих турбогенераторів для теплових електричних станцій: в кн. Теплової енергетика – нові виклики часу / за загал. ред.: П. Омеляновського, Й. Мисака. Львів : *НВФ Українські технології*, 2009. С. 209-225.

13. Особливості конструкцій турбогенераторів. URL : <http://leg.co.ua/info/elektricheskie-mashiny/osobennosti-konstrukciy-turbogeneratorov.html> (дата звернення: 05.04.2025).

14. Hanane D., Roberto S., Chiara B., Ahmed O. (2018). Hydrogen Infrastructure for Energy Applications. *Academic Press*, 153-156. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812036-1.09995-9>.

15. Kempell, I.D., et al. (2001). Hydrogen Explosions – an Example of Hazard Avoidance and Control. *ICHEME, Symp. Series*, 148. 523-539.

16. Ольховик Ю.О., Антонов А.В., Денисенко І.Ю., Веселівський Р.Б. (2021) Деякі особливості захоронення солебітумного компаунду рівненської АЕС. *Екологія і виробництво*, 3(36), 69-72. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.11>.

17. Machinery and Energy Systems for the Hydrogen Economy (2022), *Elsevier*, 650 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90394-3.09990-2>.

18. S. Abe. (2015) The response of the plant owner/operator (TEPCO) to the Fukushima nuclear power plant accident, The 2011 Fukushima Nuclear Power Plant Accident. *Woodhead Publishing*, 119-134. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100118-9.00004-8>.

19. Балицький О.І., Семерак М.М., Билицька В.О., Субота А.В., Еліаш Я., Вус О.Б. (2012) Аналіз пожежно-водневої безпеки турбогенераторних залів на енергоблоках електростанцій. *Пожежна безпека*, 21, 13-18.

20. Протипожежні норми проектування атомних електростанцій з водо-водяними енергетичними реакторами : ВБН В.1.1-034-2003 (НАПБ 03.005-2002, ГНД 34.03.307-2004, ВБН В.1.1-034-03.307-2003) [Чинний від 25.12.2013]. Київ: Київський науково-дослідний та проектно-конструкторський інститут «Енергопроект», 2002. 84 с.

21. Про затвердження Правил пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України: наказ Міненерговугілля України від 26 вересня 2018 р. № 491. URL: [https://zakononline.com.ua/documents/show/371146\\_\\_710398](https://zakononline.com.ua/documents/show/371146__710398) (дата звернення: 12.05.2025).

22. Про затвердження Правил безпечної експлуатації електроустановок: наказ Держнаглядохоронпраці від 06 жовтня 1997 р. № 257. URL: [https://zakononline.com.ua/documents/show/180319\\_\\_520016](https://zakononline.com.ua/documents/show/180319__520016) (дата звернення: 15.05.2025).

23. Xuefeng Lyu, Zeyun Xun, Ke Ji, Xiaobo Lee, Shengfei Wang, Yu Yu, Long Chen (2018). Analysis on hydrogen control system in AP1000 NPP. *Annals of Nuclear Energy*, 113. 279-285. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2017.11.031>.

24. Xuefeng Lyu, Shuai Liu, Ke Ji, Yang Feng, Shengfei Wang, Zhichao Huang (2020). Research on hydrogen risk and hydrogen control system in marine nuclear reactor. *Annals of Nuclear Energy*, 141. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2020.107373>.

25. Жук М.В., Ільчишин Я.В. Системи раннього виявлення надзвичайних ситуацій на об'єктах підвищеної небезпеки. Наука про цивільний захист як шлях становлення молодих

вчених: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів і студентів (Черкаси, 13 травня 2021р.). *Черкаси: ЧПБ НУЦЗУ*, 2021. С. 278–279.

26. Семерак М.М., Субота А.В., Желяк В.І. Моделювання термогазодинамічних параметрів струменяводню у разі розгерметизації корпусу турбогенератора електричної станції. *Вісник ЛДУБЖД*. 2013. № 7. С. 225–229.

27. Семичаєвський С.В., Свірський В.В., Алімов Б.О., Стилик І.Г. Щодо пожежної небезпеки машинних залів енергетичних підприємств. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського, Серія: Технічні науки*. 2021. Том 32 (71). № 6. С. 1455–150. DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.6/24>.

28. Технические предложения по повышению пожарной безопасности машзалов АЭС и устойчивости их строительных конструкций при пожаре. КИЭП – ТППБ – К., 1993. 97 с.

29. Семерак М.М., Ковалишин В.В., Домінік А.М., Кирилів Я.Б. Термостійкість конструкцій машинних залів АЕС. *Пожежна безпека*. 2011. № 7. С. 7–12.

30. Jacobsen, R.T., Leachman, J.W., Penoncello, S.G. *et al.* Current Status of Thermodynamic Properties of Hydrogen. *Int J Thermophys* 28, 758–772 (2007). <https://doi.org/10.1007/s10765-007-0226-7>.

### References

1. Gakal, P., Ovsiannykova, O., Przybysz, J., Tretiak, O. (2017). Metoda wyznaczania rozkładu temperatur w uzwojeniu wirnika chłodzonego bezpośrednio wodorem. *Przegląd Elektrotechniczny*, 2, 43-47. DOI: 10.15199/48.2017.02.11.

2. Kobzar, K., Tretiak, O., Ovsiannykova, O., Poliienko, V., Gakal P. (2018). Designing of high power turbogenerators. *Vestnik KazNRTY*, 4 (128), 164-169.

3. O. Tretiak, A. Kovryga, M. Repetenko, R. Nurmetov (2019) Yssledovanye teplovoho sostoiannya hydroheneratora zontychnoho typu metodamy SAE [The research of the thermal state of the umbrella type hydrogenerator by cae methods]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI»*. *Seriia: Enerhetychni ta teplotekhnichni protsesy y ustatkuvannia*, (3), 42–46. [in Russian]. <https://doi.org/10.20998/2078-774X.2019.03.06>.

4. Bardyk Ye. I., Lukash M. P. (2008) Elektrychna chastyna stantsii ta pidstantsii. Synkhronni heneratory [Electrical part of stations and substations. Synchronous generators]. Kyiv: NTUU «KPI».

5. Narine, Ganesh, "Causes and Prevention of Electric Power Industry Accidents: A Delphi Study" (2019). *Walden Dissertations and Doctoral Studies*. 7495. <https://scholarworks.waldenu.edu/dissertations/7495>.

6. Tarnavskyyi, A., Veselivskyy, R., Panasiuk, A. (2024). Prognozowanie procesu emisji wodoru z obudowy turbogeneratora z powstawaniem palnych mieszanin wodorowo-powietrznych i spalaniem pochodni. *Ochrona ludności i dziedzictwa kulturowego*, 2024, 109-129. doi: <https://doi.org/10.4467/29563763.OLDK.23.016.19139>.

7. Peter Rhys Lewis, Chapter 5 (2016) Small Containers, In Woodhead Publishing in Materials, Forensic Polymer Engineering (Second Edition). *Woodhead Publishing*, 147-190. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101055-6.00005-7>.

8. Korrozia polykh mednykh provodnykov v systemakh neposredstvennoho vodianoho okhlazhdeniia obmotok turbogeneratorov [Corrosion of hollow copper conductors in systems of direct water cooling of turbogenerator windings]. Yvanov A.S. [y dr.]. *Tekhnicheskyye nauky: elektron. nauchn. zhurn.* 2016. № 11(32).

9. Maughan, C., Svoboda, M. (2016) Water-cooled stator windings copper oxide issues. *Electrical Insulation Conference (EIC), Montreal, Qc, Canada*. 145-150.

10. Wenyao Li, Ruohan Cao, Lining Xu, Lijie Qiao. (2021) The role of hydrogen in the corrosion and cracking of steels - a review. *Elsevier*, 23-32. <https://doi.org/10.1016/j.corcom.2021.10.005>.

11. Zuettel, A. (2003). Materials for hydrogen storage. *Mater Today*. 24-33.

12. Gruboy, O., Kobzar, K., Cheremisov, I., Khaymovich, L., Bogdanov, O., Gladky, V. (2009). Stvorennia novykh typiv ta shliakhy modernizatsii diiuchykh turbogeneratoriv dlia teplovykh

elektrychnykh stantsii [Development of new types and ways to modernize existing turbine generators for thermal power plants]: v kn. *Teplova enerhetyka – novi vyklyky chasu*. Lviv : *NVF Ukrainski tekhnologii*. [in Ukrainian].

13. Osoblyvosti konstruksii turbogeneratoriv. URL : <http://leg.co.ua/info/elektricheskie-mashiny/osobnosti-konstrukciy-turbogeneratorov.html> (accessed on March 2025).

14. Hanane D., Roberto S., Chiara B., Ahmed O. (2018). Hydrogen Infrastructure for Energy Applications. *Academic Press*, 153-156. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812036-1.09995-9>.

15. Kempell, I.D., et al. (2001). Hydrogen Explosions – an Example of Hazard Avoidance and Control. *ICHEME, Symp. Series*, 148. 523-539.

16. Olkhovyk, Yu.O., Antonov, A., Denysenko, I., Veselivskyi, R. (2021). Deiaki osoblyvosti zakhoronennia solebitumnoho kompaundu rivnenskoj AES [Some features of the landfill of the solebitumen compound of the Rivne NPP.], *Ekolohiia i vyrobnytstvo*. 3(36). 69-72. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.3-36.11> [in Ukrainian].

17. Machinery and Energy Systems for the Hydrogen Economy (2022), *Elsevier*, 650 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90394-3.09990-2>.

18. S. Abe. (2015) The response of the plant owner/operator (TEPCO) to the Fukushima nuclear power plant accident, *The 2011 Fukushima Nuclear Power Plant Accident*. Woodhead Publishing, 119-134. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100118-9.00004-8>.

19. Balitskii, A., Semerak, M., Balitska, V., Subota, A., Elias, J., Vus O. (2012). Analiz pozhezhno-vodnoyi bezpeky turbogeneratornykh zaliv na enerhoblokakh elektrostantsii [Analysis of fire-hydrogen safety of turbogenerators halls on FPP and NPP power units]. *Pozhezhna bezpeka*, 21, 13-18. [in Ukrainian].

20. *Protypozhezhni normy proektuvannia atomnykh elektrostantsii z vodo-vodianymy enerhetychnymy reaktoramy* [Fire protection standards for the design of nuclear power plants with water-water power reactors]. (2002). VBN V.1.1-034-2003 (NAPB 03.005-2002, HND 34.03.307-2004, VBN V.1.1-034-03.307-2003), from 25<sup>st</sup> December 2003. Kyiv: Kyiv Research and Design Institute “Energoprojekt”. [in Ukrainian].

21. Nakaz Ministerstva enerhetyky ta vuhilnoi promyslovosti Ukrainy Pro zatverdzhennia Pravyl pozhezhnoi bezpeky v kompaniiakh, na pidpriemstvakh ta v orhanizatsiiakh enerhetychnoi haluzi Ukrainy vid 26 veresnia 2018 roku № 491 [On Approval of Fire Safety Rules in Companies, Enterprises and Organizations of the Energy Sector of Ukraine]. Retrieved from: [https://zakononline.com.ua/documents/show/371146\\_\\_710398](https://zakononline.com.ua/documents/show/371146__710398) [in Ukrainian].

22. Nakaz Derzhavnoho komitetu Ukrainy z nahliadu za okhoronoiu pratsi Pro zatverdzhennia Pravyl bezpechnoi ekspluatatsii elektroustanovok vid 06 zhovtnia 1997 roku № 257 [On Approval of the Rules for the Safe Operation of Electrical Installations]. Retrieved from: [https://zakononline.com.ua/documents/show/180319\\_\\_520016](https://zakononline.com.ua/documents/show/180319__520016) [in Ukrainian].

23. Xuefeng Lyu, Zeyun Xun, Ke Ji, Xiaobo Lee, Shengfei Wang, Yu Yu, Long Chen (2018). Analysis on hydrogen control system in AP1000 NPP. *Annals of Nuclear Energy*, 113. 279-285. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2017.11.031>.

24. Xuefeng Lyu, Shuai Liu, Ke Ji, Yang Feng, Shengfei Wang, Zhichao Huang (2020). Research on hydrogen risk and hydrogen control system in marine nuclear reactor. *Annals of Nuclear Energy*, 141. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2020.107373>.

25. Zhuk M.V., Ilchyshyn Ya.V. (2021) Systemy rannoho vyavleniia nadzvychainykh sytuatsii na obiektakh pidvyshchenoi nebezpeky [Systems for early detection of emergencies at high-risk facilities]. *Nauka pro tsyvilnyi zakhyst yak shliakh stanovlennia molodykh vchenykh: Materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii kursantiv i studentiv* [Civil Defense Science as a Way of Formation of Young Scientists: Proceedings of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Cadets and Students], *Cherkasy: CHIPB NUTsZU*, S. 278–279. [in Ukrainian].

26. Semerak M.M., Subota A.V., Zhelyak V.I. (2013) Modeliuvannia termohazodynamichnykh parametriv strumeniavodniu u razi rozghermetyzatsii korpusa turbogeneratora elektrychnoi stantsii [Design of thermo-gasodynamics parameters of hydrogen stream in case of depressurization of the power station turbogenerator’s body]. *Visnyk LDUBZhD*, 7, 225–229 [in Ukrainian].

27. Semichaevsky S.V., Svirsky V.V., Alimov B.O., Stylyk I.G. (2021) Shchodo pozhezhnoi nebezpeky mashynnykh zaliv enerhetychnykh pidpriumstv [On fire danger of turbine rooms of energy enterprises]. *Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V.I. Vernadskoho, Seria: Tekhnichni nauky*, 32 (71). № 6. С. 1455–150. DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.6/24> [in Ukrainian].

28. Tekhnicheskye predlozheniya po povysheniyu pozharnoi bezopasnosti mashzalov AES y ustoichyvosti ykh stroytelnykh konstruktsiy pry pozhare [Technical proposals to improve fire safety of NPP halls and stability of their building structures in case of fire] (1993). KYEP – TPPB – K.

29. Semerak, M.M., Kovalyshyn, V.V., Dominik, A.M., Kyryliw, Ya.B. (2011) Termostiikist konstruktsii mashynnykh zaliv AES [Thermal resistance of structures of NPP machine rooms]. *Pozhezhna bezpeka*, 7, 7–12 [in Ukrainian].

30. Jacobsen, R.T., Leachman, J.W., Penoncello, S.G. *et al.* Current Status of Thermodynamic Properties of Hydrogen. *Int J Thermophys* 28, 758–772 (2007). <https://doi.org/10.1007/s10765-007-0226-7>.

## РОЗДІЛ 3. ЗАХИСТ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ ТА ГІБРИДНИХ ЗАГРОЗ

### РОЗВИТОК СИСТЕМИ ЗАХИСТУ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ: ВИВЧЕННЯ УРОКІВ ВІЙНИ

**Олександр СУХОДОЛЯ**

доктор наук державного управління, професор, завідувач відділу критичної інфраструктури, енергетичної та екологічної безпеки центру безпекових досліджень Національного інституту стратегічних досліджень,  
sukhodolia@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1978-404X

**Мета дослідження:** проаналізувати досвід України у забезпеченні безпеки і стійкості функціонування критичної інфраструктури (далі – КІ) України в умовах війни та визначити пріоритетні напрями подальшого розвитку національної системи захисту КІ.

**Методи дослідження:** систематизація інформації з відкритих джерел, аналіз законодавства, порівняльний аналіз світового досвіду планування реагування на кризові ситуації.

**Результати:** ідентифіковано ключові уроки України щодо захисту КІ в умовах ведення бойових дій; розроблено інструменти планування дій щодо забезпечення стійкості функціонування КІ та перспективного розвитку спроможностей суб'єктів національної системи захисту КІ.

**Теоретична цінність дослідження:** запропоновано методологію планування розвитку спроможностей суб'єктів національної системи захисту КІ щодо забезпечення безпеки та стійкості КІ, що розвиває науково-теоретичні засади управлінської діяльності у цій сфері.

**Практична цінність дослідження:** узагальнено досвід України із забезпечення безпеки та стійкості функціонування критичної енергетичної інфраструктури у період війни та розроблено рекомендації щодо планування дій та розвитку спроможностей сектору безпеки і оборони у сфері захисту КІ.

**Оригінальність:** унікальність підходу полягає у вивченні досвіду України щодо забезпечення безпеки і стійкості критичної енергетичної інфраструктури в умовах повномасштабного збройного вторгнення та у поєднанні кращого світового досвіду планування розвитку спроможностей суб'єктів кризового реагування із локальними умовами та реаліями сучасної війни.

**Практична цінність:** розроблені методичні рекомендації та інструментарій може бути застосовано при встановленні вимог до захисту КІ, плануванні дій із забезпечення безпеки і стійкості КІ та надання життєво важливих послуг, плануванні необхідного фінансового, ресурсного та технічного забезпечення суб'єктів кризового реагування.

**Ключові слова:** критична інфраструктура, безпека, стійкість, воєнні загрози, життєво важливі послуги, сектор безпеки і оборони, національна система захисту критичної інфраструктури.

### DEVELOPING THE CRITICAL INFRASTRUCTURE PROTECTION SYSTEM OF UKRAINE: LEARNING THE WARTIME LESSONS

**Oleksandr SUKHODOLIA**

Dr.PA., Professor, Head of Doctor of Public Administration, Professor, Head of the Department of Critical Infrastructure, Energy and Environmental Security of the Center for Security Studies, the National Institute for Strategic Studies,  
sukhodolia@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1978-404X

**Purpose:** to analyze Ukraine's lessons of ensuring the security and resilience of critical infrastructure (CI) of Ukraine in a war-time conditions and to identify priority areas for further development of the national CI protection system.

**Method:** systematization of open sources information, analysis of legislation, comparative analysis of world experience in planning response to crisis situations.

**Findings:** key lessons regarding the protection of Ukrainian CI in the context of combat operations have been identified; tools for planning actions to ensure the resilience of CI functioning and the further development of the capabilities of the national CI protection system have been developed.

**Theoretical significance:** a planning methodology for the development of the capabilities of subjects of the national CI protection system to ensure the CI security and resilience is proposed. The methodology further develops the scientific and theoretical foundations of the national CI protection policy.

**Practical implications:** the lessons of Ukraine in ensuring the security and resilience of critical energy infrastructure during wartime is summarized and recommendations are developed for planning actions and developing capabilities of the security and defense sector in the field of CI protection.

**Originality:** the study assess unique Ukraine's experience in ensuring the security and resilience of critical energy infrastructure in the face of a full-scale armed invasion and combine the best world practice of crisis response planning with the task of development of response capabilities of the security and defense sector with local conditions and realities of modern warfare.

**Keywords:** critical infrastructure, security, resilience, military threats, essential services, security and defense sector, national critical infrastructure protection system.

## Вступ

Забезпечення стійкості життєдіяльності країни чи функціонування окремих систем, які її підтримують, сьогодні стало актуальним напрямом наукових досліджень та пріоритетом політики у сфері національної безпеки. У багатьох країнах завдання забезпечення національної стійкості, захисту КІ та забезпечення надання послуг суспільству визначено низкою законодавчих актів, документів концептуального та стратегічного характеру.

Україна пройшла значний шлях з формалізації концепції захисту КІ та законодавчого врегулювання проблем забезпечення її захисту у період 2014-2021 років [1]. Результатом цих зусиль стало прийняття Верховною Радою України Закон України «Про критичну інфраструктуру» наприкінці 2021 року, який перемістив завдання розбудови стійкості життєдіяльності країни з поля науково-теоретичної дискусії у площину практичних дій. Законом було запроваджено цілий набір інструментів та механізмів забезпечення безпеки і стійкості функціонування КІ та запобігання виникнення кризових ситуацій країни, з метою гарантування безперервності надання життєво важливих послуг та функцій людині, суспільству та державі [2].

Імплементувати положення згаданого закону до початку повномасштабного збройного вторгнення російських військ Україна не встигла. При цьому, критична інфраструктура загалом, і енергетичний сектор зокрема, стала однією з головних цілей збройної агресії рф. У період 2022-2024 років ворог здійснив понад тисячу комбінованих атак лише по об'єктах енергетичної інфраструктури України, що суттєво вплинуло на життєдіяльність країни.

У цьому розділі пропонується огляд проблем забезпечення захисту КІ України під час війни та пропозиції щодо подальшого розвитку системи захисту КІ, сформовані на узагальненні досвіду реагування України на випадки порушення функціонування критичної енергетичної інфраструктури.

## Постановка проблеми

Війна продемонструвала, що національна система захисту критичної інфраструктури не була повноцінно готова до забезпечення безпеки і стійкості КІ. До початку повномасштабного збройного вторгнення рф завдання забезпечення захисту критичної енергетичної інфраструктури ставилось в основному перед правоохоронною системою та перед

Національною гвардією України. Механізми та процедури залучення сил та засобів Збройних Сил України до захисту (оборони, прикриття) КІ не були уточнені та реалізовані вчасно. Україна не мала достатніх сил та адекватних засобів захисту об'єктів КІ. Відтак, отриманий Україною досвід, формує актуальне завдання створення системи планомірного розвитку спроможностей країни до забезпечення безпеки і стійкості функціонування КІ.

**Мета дослідження** – полягає в узагальненні досвіду України щодо реагування на воєнні загрози КІ та розробленні інструментарію розвитку спроможностей суб'єктів національної системи захисту КІ до реагування на загрози будь-якого виду й рівня критичності та удосконалення методології планування заходів захисту.

#### **Методологія дослідження**

Вирішення поставлених завдань стало можливим завдяки: визначенню, на основі огляду доступних джерел, досвіду України із забезпечення безпеки і стійкості критичної енергетичної інфраструктури в умовах повномасштабного збройного вторгнення; аналізу положень законодавства щодо завдань суб'єктів національної системи захисту КІ, інструментів та механізмів реагування на кризові ситуації; проведення порівняльного аналізу кращого світового досвіду планування розвитку спроможностей суб'єктів кризового реагування із реаліями сучасної війни.

#### **Результати проведеного дослідження**

Детальний аналіз відкритих джерел інформації, положень законодавства дозволив виділити уроки, узагальнити досвід України із забезпечення безпеки і стійкості критичної енергетичної інфраструктури в умовах повномасштабного збройного вторгнення та розробити методологію планування розвитку спроможностей національної системи захисту КІ.

### **1. Вивчення уроків війни в Україні**

#### **1.1. Масштаб пошкодження критичної енергетичної інфраструктури України**

Під час повномасштабної збройної агресії російської федерації проти України енергетичний сектор став однією з головних цілей агресора. З жовтня 2022 року росіяни завдали понад тисячу ударів по об'єктах енергетики України, що значно вплинуло на стійкість енергосистеми. В окремі періоди, доступна потужність теплоелектростанцій і теплоелектроцентралей для задоволення потреб споживачів знижувалась до 20% їх потужності до початку повномасштабної збройної агресії рф. Частка доступної потужності гідроелектростанцій та гідроакумуючих електростанцій скоротилася на 50%. Були критично пошкоджені близько половини високовольтних підстанцій передачі електроенергії [3].

В Об'єднаній енергосистемі (ОЕС) України виникав дефіцит потужності, який в окремі дні перевищував 50% споживання. У всіх регіонах країни запроваджувались графіки стабілізаційних вимкнень електричної енергії. В середньому обмежувалось електропостачання 3,8 млн абонентів, а максимальна кількість знеструмлених через обстріли споживачів під час системної аварії в ОЕС України сягала 13,5 млн.

У перші місяці війни, трьома хвилями ракетних ударів практично всі нафтопереробні заводи і значна частка інфраструктури зберігання нафти та нафтопродуктів були зруйновані. Все це зумовила виникнення гострого дефіциту нафтопродуктів на ринку України у 2022 році та обмеження використання населенням та суб'єктами господарювання автотранспорту.

Масштаби руйнувань енергетичної інфраструктури величезні, що підтверджується результатами виконаної під егідою Світового банку «Швидкої оцінки завданої шкоди та потреб на відновлення (RDNA)» [4]. Відповідно до RDNA4, енергетичний сектор на кінець 2024 року зазнав втрат понад \$20 мільярдів. При цьому, втрати лише підсектору електроенергетики перевищили \$14 мільярдів. Збитки газовому сектору оцінені у понад \$1,3 мільярдів. Збиток, завданий нафтовому сектору, включаючи нафтопереробні заводи, паливні бази та АЗС, перевищив \$1,7 мільярдів.

#### **1.2. Заходи реагування на порушення роботи енергетичної інфраструктури**

Наслідком цілеспрямованих атак рф проти української енергетичної інфраструктури стало значні руйнування енергетичної КІ та, як наслідок, порушення надання широкого спектру життєво важливих послуг. Спричинені атаками руйнування окремих об'єктів КІ

привели як до дисбалансу між генерацією та споживанням (*недостатнє виробництво для задоволення попиту*), так і до мережевих обмежень (*нездатність передавати енергію між регіонами*).

Узагальнення досвіду України дає змогу виокремити дві групи заходів реагування на порушення функціонування КІ, що доцільно врахувати при плануванні стійкості надання життєво важливих послуг [5]:

1) *заходи аварійного реагування* – це заходи першочергового реагування для припинення негативного впливу загроз, до яких належать:

– збільшення кількості ремонтних бригад їх чисельності та координація дій із військовими та місцевими органами влади для якнайшвидшого, однак безпечного, відновлення енергопостачання;

– накопичення обладнання, ресурсів та матеріалів для проведення швидких ремонтів, координації дій усіх стейкхолдерів для організації постачання обладнання (комплектуючих) із інших регіонів України та світу;

– проведення ремонтних відновлюваних робіт,<sup>1</sup> з врахуванням ситуації на місцях;

2) *заходи пом'якшення впливу загроз на рівень функціональності КІ та надання / споживання послуг*<sup>2</sup>, до яких належать:

– зниження потреб у послугах (заходи енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності, добровільне скорочення енергоспоживання);

– застосування резервних можливостей підвищення обсягів надання послуги (резервні та альтернативні джерела енергії);

– зміщення у часі пікових потреб у послугах (зміщення у часі виробничих циклів та графіків роботи);

– заміщення одних послуг іншими (заміщення інфраструктурних способів надання функцій/послуг, з метою зменшення потреб у енергії);

– застосування обмежень на споживання електричної потужності (встановлення граничних рівнів енергоспоживання, категорій споживачів та періодичності запровадження обмежень).

Слід відзначити високу швидкість робіт з відновлення функціонування енергетичної інфраструктури, що перевищує у кілька разів швидкість робіт передбачених нормативами України, та значно перевищує стандартизовані процедури країн ЄС з виконання подібних робіт.<sup>3</sup>

Спроможність українських енергетиків швидко відновлювати пошкодження пояснюється цілим рядом чинників [6]:

– висока проектна надійність енергосистеми України, яка є досить розгалуженою і поєднувала у собі мережі напруги різних класів, мала значний запас по потужності (генерації та передачі енергії);

<sup>1</sup> Заходи реагування здійснювались за трьома схемами:

**тимчасова/аварійна** (години) – відновлення функціонування окремих об'єктів чи елементів системи за тимчасовими схемами, доступними матеріалами на основі існуючої інфраструктури (зварювання, шунтування, бандажі, заміна незначних деталей тощо);

**короткострокова** (дні) – проведення ремонту після детального обстеження всього об'єкта (енергоблоків, електропідстанцій, газових розподільчих станцій) чи мереж енергопостачання (електричні, теплові чи газової мережі) шляхом заміни пошкоджених елементів на нові або налагодження тимчасових альтернативних систем енергозабезпечення;

**довгострокова** (тижні) – встановлення нового обладнання, будівництво нових систем та схем енергозабезпечення.

<sup>2</sup> Зменшення рівня дисбалансів між наявними можливостями надання та потребами отримання послуг може досягатись завдяки участі різних учасників: заходи Оператори КІ (надання послуг); заходи споживачів послуг (суб'єкти господарювання, установи, населення); заходи інших учасників ланцюжка забезпечення виробництва та надання послуг (постачальники ресурсів, обладнання тощо).

<sup>3</sup> В.Кудрицький. Відновлення йде рекордними темпами, на які ніхто навіть не очікував до початку вторгнення. Ми виконуємо всі відновлювальні роботи в кілька разів швидше, ніж раніше, ніж нормативні терміни. <https://interfax.com.ua/news/general/891319.html>

- збереження у складі енергетичних компаній штатних працівників (ремонтних підрозділів) та швидке збільшення їх чисельності з моменту початку війни;
- налагодження взаємодії та взаємодопомоги між енергетичними компаніями. Стало звичною практикою, коли ОСР у одній області з готовністю направляли ремонтні бригади та необхідне обладнання іншим, для швидкого відновлення пошкодженої інфраструктури;
- забезпечення ремонтних бригад необхідним обладнанням, яке заздалегідь накопичувалось енергетичними компаніями напередодні війни та, у подальшому, налагодженню постачання обладнання іноземними партнерами України;
- спрощення процедур проведення ремонтних робіт та підключення нового обладнання;
- планування заходів забезпечення безпеки персоналу.

Поряд з цим, усвідомивши проблематичність забезпечення гарантованого захисту об'єктів КІ, у війні подібного масштабу, Україна розпочала реалізацію заходів підвищення стійкості функціонування КІ та надання послуг, зокрема:

- забезпечення диверсифікації джерел та маршрутів постачання (надання послуг);
- створення «розосередженої» інфраструктури (виробництв);
- підвищення стійкості надання життєво важливих послуг/функцій.

На рівні забезпечення стійкості функціонування інфраструктури підтримання життєдіяльності громад, даний напрям відобразився у прийнятті цілого ряду ініціатив щодо розвитку місцевих джерел та систем енергозабезпечення. Ці зусилля набули свого формального відображення у реалізації Меморандуму підвищення енергетичної стійкості громад та розроблення місцевих планів енергетичної стійкості [7].

### **1.3. Налагодження резервних маршрутів (джерел) енергопостачання**

Важливим елементом здатності підтримувати обороноздатність країни та життєдіяльність суспільства стала диверсифікація маршрутів та джерел постачання важливих ресурсів та матеріалів для підтримання функціонування КІ. З початком війни, більшість напрямів постачання енергоресурсів та енергетичного обладнання для потреб української енергетики було заблоковано.<sup>4</sup> Єдиним маршрутом зв'язку із зовнішнім світом для України залишився західний кордон України. Розширення транскордонних логістичних маршрутів стало основним чинником підвищення стійкості країни загалом, і енергетики зокрема.

У співпраці із країнами членами ЄС, були відкриті нові пропускні пункти через кордон для автомобільного транспорту, а для швидкого пропуску в Україну важливих вантажів, наприклад нафтопродуктів, були організовані окремі пропускні пункти (лінії пропуску). Постачання ресурсів та обладнання для потреб енергетики України здійснювалось залізничним та автомобільним транспортом.

З березня 2022 року, Уряд України розпочав перелаштовувати всю систему постачання, зберігання та розподілу нафтопродуктів для потреб внутрішнього ринку. Були впроваджені заходи, які дозволили збільшити добовий обсяг ввезення пального з ЄС, досягнуто домовленостей з країнами ЄС на гарантоване прийняття їх портами танкерів з паливом для українського ринку. Завдяки прийнятим заходам, кризу на ринку постачання нафтопродуктів було подолано, ажіотаж на ринку спав, що зумовило навіть зниження вартості палива для кінцевих споживачів.<sup>5</sup>

За кілька годин до російського вторгнення ОЕС України від'єдналась від російської мережі для проходження необхідного тестування в рамках підготовки до синхронізації з ENTSO-E. Підтвердивши свою спроможність працювати в острівному режимі, навіть не зважаючи на війну, роботу ОЕС України та ENTSO-E було синхронізовано 16 березня 2022 року. Подальше розширення транскордонних ліній електропередачі дозволило суттєво підвищити стійкість роботи ОЕС України, завдяки можливості експорту електроенергії до

<sup>4</sup> Кордони з Білорусією, росією та морські порти України на Азовського та Чорного морів були заблоковані.

<sup>5</sup> У червні-липні 2022 року вартість заправки бензином чи дизельним паливом сягала 70 гривень за 1 літр палива, у вересні ціна знизилась до 50-55 гривень

країн ЄС<sup>6</sup> (у періоди надлишку генерації на ринку України) та імпорту енергії<sup>7</sup> у періоди дефіциту (внаслідок руйнування об'єктів критичної енергетичної інфраструктури російськими ударами). Саме завдяки розширенню транскордонних ліній електропередачі Україна отримала змогу пройти осінньо-зимові періоди максимуму енергоспоживання у роки війни [6].

Оператор ГТС України разом із партнерами країн ЄС досягнув домовленостей щодо бронювання гарантованих обсягів транскордонних потужностей для організації постачання газу в Україну. Угоди з польським та угорським операторами надають можливість Україні забезпечити постачання природного газу в Україну через термінали зрідженого газу, що діють у країнах ЄС.

#### **1.4. Забезпечення захисту критичної енергетичної інфраструктури**

В Україні, як і у більшості країн світу, завдання забезпечення захисту КІ ставилось в основному перед правоохоронною системою та перед Національною гвардією України. При цьому, безпосередньо фізичну охорону об'єктів КІ здійснювали державні або приватні охоронні структури (компанії), які не мали на озброєнні засобів протидії повномасштабній агресії.

З моменту вторгнення російських військ, спостерігалась початкова неготовність до такого розвитку ситуації та не-скоординованість дій сил сектору безпеки і оборони України щодо захисту об'єктів КІ. Прикладом цього є практично миттєве захоплення російськими військами, території Зони відчуження Чорнобильської АЕС, Каховської ГЕС та Запорізької АЕС. Захист Запорізької АЕС здійснювали підрозділ територіальної оборони (блокування просування російських військ на підступах до станції) та підрозділ Національної гвардії України (захист периметру станції), які не мали важкого озброєння [3, 6].

Проявилась суттєва недостатність засобів захисту КІ від ударів з повітря. Заздалегідь підготовлених як активних, так і пасивних заходів захисту (охорона, оборона, інженерно-технічний захист, засоби радіоелектронної боротьби, протиповітряне прикриття від різних типів засобів ураження тощо) було недостатньо. Протиповітряне прикриття КІ, законодавством України передбачалась лише щодо обмеженого переліку об'єктів КІ. Водночас різноманітність засобів враження з повітря, масштабність атак, поширеність атак на всю територію країни призвели до перенасичення наявних спроможностей сил протиповітряного захисту та руйнувань КІ [6].

Проявились також проблеми організаційного характеру, зокрема пов'язаних із узгодженням дій між цивільним та військовим суб'єктами реагування. На початковому етапі війни, відзначалась неготовність створених військових адміністрацій до запровадження та здійснення заходів захисту КІ. Виконання Генеральним штабом Збройних Сил України завдання щодо спрямування, координації та контролю за діяльністю обласних військових адміністрацій з питань захисту КІ потребувало посилення та унормування.

Очевидною стала невідповідність фінансування сектору безпеки і оборони України рівню викликів, особливо що стосується захисту КІ країни. Враховуючи обмеженість ресурсів для забезпечення належного захисту за такого рівня застосування воєнних засобів вражень та дефіцит часу для підготовки захисту, агресору вдавалось нанести серйозні збитки Україні.

Суб'єкти національної системи захисту КІ, уже у ході війни, усували виявленні проблеми організації захисту КІ, розробляли та реалізовували заходи захисту об'єктів КІ. Серед найважливіших слід відзначити:

- посилення фізичної охорони об'єктів КІ;
- розгортання окремих підрозділів військових формувань для локального захисту КІ від загроз воєнного характеру;
- створення системи інженерно-технічного захисту;
- посилення протиповітряної оборони КІ;
- посилення спроможностей суб'єктів реагування з ліквідації наслідків порушення функціонування КІ.

<sup>6</sup> Станом на травень 2025 року, максимальна потужність експорту електроенергії з України та Молдови до країн ЄС збільшена до 650 МВт.

<sup>7</sup> Станом на травень 2025 року, максимальна потужність імпорту електроенергії з України та Молдови до країн ЄС збільшена до понад 2 100 МВт.

Посилення фізичного захисту об'єктів енергетики розпочалось невдовзі після початку війни. Частково така затримка була пов'язана із необхідністю залучення нових кадрів до складу сил оборони України. Це здійснювалось як через вступ громадян України до добровольчих формувань територіальних громад, підрозділів територіальної оборони, так і через мобілізацію до Збройних Сил України чи Національної гвардії України.

Для протиповітряного прикриття об'єктів КІ у всіх регіонах України були створені мобільні вогневі групи. Мобільні вогневі групи – це вимушений крок, на який повинно було піти військове керівництво України для того, щоб локально захистити об'єкти КІ через відсутність на той час системи прикриття об'єктів енергетики від ударів з повітря. Процес укомплектування та оснащення таких підрозділів тривав деякий час, що зумовило початковий високий рівень уражень безпілотниками об'єктів енергетики. Пізніше були створені також мобільні групи радіоелектронної боротьби, які перешкоджають атакам по цивільних та військових об'єктах.

Впровадження систем інженерного захисту почало розвиватися з кінця 2022 року. Для захисту енергосистеми Кабінетом Міністрів України та Генеральним Штабом Збройних Сил України було прийнято рішення про запровадження інженерно-технічного захисту об'єктів енергетичної інфраструктури, а саме різнорівневого рівня захисту [8]:

- Перший рівень захисту – спорудження габіонів та біг-бегів для захисту від уламків дронів та ракет окремих об'єктів критичної енергетичної інфраструктури.
- Другий рівень – спорудження бетонних конструкцій навколо важливих елементів об'єктів енергетичної інфраструктури для захисту від прямих уражень дронів.
- Третій рівень – бетонні конструкції та заглиблення для захисту від прямого влучання найпотужнішими ракетами.

Відповідні заходи забезпечення захисту узгоджувались із Генеральним штабом Збройних Сил України та Державною службою надзвичайних ситуацій. До кінця 2023 року на основних підстанціях високої напруги ОЕС України було впроваджено перший рівень захисту. За словами урядовців, ці заходи пом'якшили вплив російської авіації на українську енергетичну інфраструктуру. Зокрема, вони значно знизили відсоток ураження енергетичної інфраструктури від непрямих влучень та уламків.<sup>8</sup>

Другий рівень захисту дещо допоміг захистити окремі елементи об'єктів енергетики навіть від прямих ударів дронів та касетних боєприпасів. Хоча елементи, які розміщені на великій території (відкриті розподільчі пристрої (ВРП) електропідстанцій, машинні чи турбінні зали електростанцій) неможливо прикрити огорожуючими конструкціями через їх величезний розмір.

Окрім того, практика застосування пасивного фізичного захисту об'єктів енергетики засвідчила, що проти прямих ударів балістичних ракет заходи першого та другого рівня захисту не є достатнім<sup>9</sup>. Потенційним захистом від балістичних ракет або плануючих авіабомб може бути третій рівень пасивного захисту – підземне розміщення обладнання або спорудження потужних укриттів у заглибленнях. Однак вартість організації такого рівня захисту потребує дуже значних витрат ресурсів та тривалого часу<sup>10</sup>, що в умовах ведення війни може бути проблематичним [6].

Варто зазначити, що пріоритетність загроз повітряних ударів не є лише єдиною загрозою, яка потребує уваги зі сторони сектору безпеки і оборони України. Диверсії та терористичні акти також мають перебувати у зоні уваги відповідних суб'єктів національної системи захисту критичної інфраструктури. Диверсійні групи, закинуті у тил Сил Оборони

<sup>8</sup> Голова правління НЕК «Укренерго» В.Кудрицький: Мінімум у два рази вдалося знизити наслідки атак на підстанції «Укренерго» завдяки створенню двох рівнів захисту. <https://t.me/Ukrenergo/2776>

<sup>9</sup> Пасивний захист неефективний: Галущенко поклав відповідальність за збереження енергооб'єктів на ППО. [https://biz.censor.net/news/3514095/galuschenko\\_poklav\\_vidpovidalnist\\_za\\_zahyst\\_energoobyektiv\\_na\\_ppo](https://biz.censor.net/news/3514095/galuschenko_poklav_vidpovidalnist_za_zahyst_energoobyektiv_na_ppo)

<sup>10</sup> Прес-конференція Прем'єр-міністра України Д. Шмигала. 10.09.2024. Д. Шмигаль зазначив, що третій рівень захисту енергооб'єктів - коштовний проект, вартість якого наближається до сотень мільярдів гривень.

України, завербовані російськими спецслужбами окремі виконавці також впливали на безпеку та стійкість функціонування КІ України та енергетики зокрема. З часом даний вимір безпекових заходів очевидно набуватиме все більшої ваги.

### **1.5. Забезпечення координації дій різних суб'єктів реагування**

Враховуючи масштаби руйнування енергетичної інфраструктури, завдання забезпечити країну енергією стало пріоритетом та предметом уваги вищого керівництва держави: Президента, Кабінету Міністрів України та Верховної Ради України. Обговорення поточної ситуації відбувались регулярно у різних форматах а відповідні рішення формалізувались у документах усіх відповідних органів державної влади.

На національному рівні діяв антикризовий енергетичний штаб, як тимчасовий консультативно-дорадчий орган Кабінету Міністрів України, у роботу якого залучено органи державної влади (галузеві, сектору безпеки і оборони), місцевого самоврядування, Оператори критичної енергетичної інфраструктури тощо. З моменту агресії РФ такий штаб забезпечував виконання координаційної функції фактично, вирішуючи нагальні проблеми, які виникали під час реагування на порушення функціонування критичної енергетичної інфраструктури. Враховуючи масштабність викликів для стійкості енергозабезпечення під час війни, антикризові штаби були створені на рівні місцевих органів влади (при обласних державних адміністраціях та виконавчих органів місцевого самоврядування) [9].

Практичні питання забезпечення сталості енергозабезпечення є предметом уваги Ставки Верховного Головнокомандувача. Також рішенням Ради національної безпеки і оборони України щодо організації захисту та забезпечення безпеки функціонування об'єктів КІ та енергетики України в умовах ведення воєнних дій, визначено завдання [6, 10]:

- виконання робіт та заходів із належного інженерного та фізичного захисту (зокрема, щодо протидронового захисту, систем оповіщення, укриттів для персоналу, розміщення запасних/дублювальних пунктів управління у захищених місцях) об'єктів КІ, збільшення кількості та посилення обороноздатності вогневих груп, які здійснюють протиповітряне прикриття, охорону і оборону об'єктів КІ;
- встановлення вимог до систем фізичного захисту об'єктів КІ;
- системного моніторингу та аналізу загроз енергетичній інфраструктурі та ризиків для виконання життєво важливих функцій та/або надання життєво важливих послуг;
- створення механізмів та розроблення порядку залучення всіх сил і ресурсів для подолання кризової ситуації;
- запровадження системи обміну інформацією та взаємодії у відповідних секторах критичної інфраструктури між суб'єктами національної системи захисту критичної інфраструктури.

## **2. Пріоритети розвитку національної системи захисту критичної інфраструктури**

### **2.1. Розвиток спроможності країни забезпечити надання життєво важливих послуг за умови порушення функціонування критичної інфраструктури**

Закон України «Про критичну інфраструктуру» визначив серед основних завдань суб'єктів національної системи захисту критичної інфраструктури не тільки забезпечення захисту об'єктів КІ, але й забезпечення стійкості надання життєво важливих функцій та послуг.

Законом встановлюється вимога щодо розроблення планів взаємодії та підтримання життєво важливих функцій/послуг на різних рівнях управління та у всіх секторах КІ.

Так, відповідно до статті 19 Закону секторальні органи у сфері захисту критичної інфраструктури розробляють і затверджують плани взаємодії та підтримання надання послуг на випадок порушення функціонування об'єктів КІ.

Місцеві органи виконавчої влади відповідно до статті 20 Закону забезпечують:

- 1) розроблення й затвердження місцевих програм забезпечення безпеки та стійкості КІ, програм підвищення стійкості територіальних громад до кризових ситуацій, що спричинені припиненням або погіршенням надання важливих для їхньої життєдіяльності послуг чи функцій;

2) розроблення, затвердження та погодження із заінтересованими органами місцевих планів взаємодії залучених суб'єктів у кризовій ситуації з метою підтримання надання важливих послуг, планів відновлення функціонування критичної інфраструктури.

Нагальна потреба забезпечувати стійкість функціонування КІ та надання важливих послуг зумовлена не тільки вимогами законодавства, а й практичними потребами. Досвід України з реагування на порушення енергетичної інфраструктури, лише підтверджує дану тезу [11].

Водночас практична імплементація положень Закону України «Про критичну інфраструктуру» свідчить про те, що суб'єкти національної системи захисту критичної інфраструктури України все ще орієнтуються на традиційні для них практики встановлення вимог щодо фізичної безпеки об'єктів КІ та здійснення контролю над діяльністю Операторів КІ.

Нерідко суб'єктам управління простіше визначити конкретний статичний об'єкт і реалізовувати звичну процедуру його захисту (наприклад, застосувати фізичну охорону мосту через річку), ніж забезпечувати стійкість функції, реалізацію якої забезпечує такий об'єкт (зокрема, транспортне сполучення між берегами, що може здійснюватися за допомогою різних інфраструктурних об'єктів та різними способами).

Саме ця обставина зумовлює вимогу трансформації підходів щодо діяльності суб'єктів, залучених до забезпечення стійкості КІ. При акцентуванні уваги на стійкості надання визначеної послуги/функції суб'єкт управління має значно розширити сфери аналізу, аби мати можливість залучати ширший набір ресурсів і механізмів управління та забезпечити розвиток власних спроможностей відповідно до рівня завдань.

Водночас варто розуміти, що суб'єкти управління повинні намагатися досягти чіткого усвідомлення мети та змісту управлінських дій з питань забезпечення стійкості. Відтак необхідний інструментарій узгодження та координації зусиль усіх залучених суб'єктів передбачений і в Україні.

Таким інструментарієм може виступати План стійкості (план стійкості функціонування КІ, надання життєво важливих послуг), який би окреслював дії, що потребують координування, всіх залучених учасників реагування при підготовці до виникнення кризової ситуації, під час реагування на її виникнення та відновлення після подолання кризи.

Проведений у попередніх роботах порівняльний аналіз дій залучених суб'єктів реагування на випадки порушення функціонування критичної енергетичної інфраструктури дозволяє, виокремити певні етапи кризового реагування та визначити зміст дій залучених учасників, їх завдання і можливі інструменти формалізації цієї діяльності [5].

У загальному випадку, пропонується модель формалізації діяльності із забезпечення стійкості цільової функції може бути описана переліком завдань для визначених суб'єктів відповідно до циклу кризового реагування (таблиця 1) та набором параметрів реагування.

Таблиця 1

Зміст та приклади заходів забезпечення стійкості надання життєво важливих послуг/функцій та функціонування КІ

| Зміст діяльності  | Приклади заходів   |
|---|--|
| Режим функціонування КІ – <i>Штатний</i>  |  |
| <p>Діяльність, яка здійснюється з метою: ідентифікації потенційних загроз/небезпек і можливих наслідків їх реалізації; підготовки заходів із запобігання впливу загроз (зокрема, організації захисту КІ), пом'якшення наслідків впливу; планування взаємодії на випадок виникнення кризи та вивчених уроків реагування.</p> <p>Діяльність відображає спроможність КІ стабільно функціонувати у проєктному режимі, спроможність суб'єктів до реагування на визначений спектр та рівень загроз з метою забезпечення стійкості надання функцій/ послуг</p> | <p>Ідентифікація критичних загроз та визначення вимог до рівня захисту.</p> <p>Підготовка сил за засобів захисту відповідно до визначеного рівня загроз /небезпек. Встановлення/моніторинг засобів контролю фізичного доступу.</p> <p>Розроблення планів стійкості функціонування КІ, надання послуг (планів безперервності бізнесу).</p> <p>Підготовка планів взаємодії залучених учасників для забезпечення захисту КІ та взаємодії на випадок виникнення кризових ситуацій та порушення надання функцій/послуг.</p> <p>Навчання персоналу. Проведення регулярних тренінгів для перевірки планів дій залучених учасників.</p> <p>Створення механізмів обміну інформацією</p> |

| Зміст діяльності   | Приклади заходів   |
|--|--|
| Режим функціонування КІ – <i>Готовність та запобігання</i>   |  |
| <p>Діяльність, яка здійснюється для уникнення, протидії та/або поглинання впливу загрози/небезпеки, зменшення серйозності впливу або наслідків реалізації загрози.</p> <p>Діяльність відображає спроектовану у штатному режимі надійність функціонування КІ в умовах впливу визначеного рівня загроз та готовність учасників реагування до дій</p> | <p>Модернізація об'єктів КІ для уникнення критичного впливу природних небезпек (наприклад, обладнання для захисту від повеней, бар'єри проти паводків) та визначених пріоритетних фізичних загроз.</p> <p>Оновлення обладнання, яке не відповідає вимогам захищеності до ідентифікованих небезпек/загроз.</p> <p>Підготовка та активація готовності суб'єктів до реалізації визначених небезпек/загроз.</p> <p>Підготовка заходів пом'якшення наслідків впливу різних небезпек/загроз.</p> <p>Створення резервних центрів управління (виробництв), що можуть продовжувати роботу після інциденту та сприяти відновленню.</p> <p>Усвідомлення міжсекторальної залежності від ключових зовнішніх ресурсів (електроенергії, палива, води, зв'язку) та підготовка додаткових запасів (наприклад, палива, резервних генераторів, зв'язку)</p> |
| Режим функціонування КІ – <i>Реагування</i>  |  |
| <p>Здійснюється діяльність і реалізуються заходи, розроблені для реагування на реалізацію загрози/небезпеки та адаптації до несприятливих наслідків<sup>11</sup>. Діяльність відображає підготовленість, оперативну майстерність та винахідливість учасників реагування в управлінні кризою</p>  | <p>Підтримка на місці можливостей реагування на визначені загрози/небезпеки (наприклад, кліматичні умови, розливи хімікатів, пожежі, вибухові речовини, збройний напад).</p> <p>Налагодження відносин із місцевими службами швидкого реагування та міжгалузевими партнерами.</p> <p>Заходи розвитку спроможностей учасників реагування до управління інцидентами на місці, включно доступність ресурсів, навчений персонал, функціонуючий оперативний центр і розуміння міжсекторальних проблем</p>  |
| Режим функціонування КІ – <i>Відновлення</i>   |  |
| <p>Здійснюється діяльність і реалізуються заходи, розроблені для того, щоб допомогти повернути параметри функціонування КІ (робочі умови) до необхідного цільового рівня (на кращому рівні).</p> <p>Діяльність відображає здатність швидко відновити роботу послуг</p>   | <p>Укладання пріоритетних угод щодо відновлення з учасниками, постачальниками послуг/функцій, від яких залежить відновлення цільових параметрів функціонування КІ (наприклад, угоди з постачальниками обладнання, підтримка аварійного постачання, підготовлені ремонтні команди).</p> <p>Оцінка та планування часу й короткострокових заходів, необхідних для відновлення повноцінної роботи після збою (у т.ч. заходи швидкої заміни/ремонту критичних компонентів).</p> <p>Визначення стратегії довгострокового розвитку (наприклад, відновлення до проектного рівня чи трансформація з урахуванням вивчених уроків)</p>  |

Застосування розробленої моделі дозволяє визначити чіткі параметри регулювання процесу забезпечення стійкості КІ та цілей розроблення планів стійкості, зокрема щодо визначення [12]:

- штатного діапазону параметрів, рівня допустимих загроз, порядку та часу попередження інших систем щодо загроз, штатної процедури реагування тощо;
- параметрів критичних загроз, засобів і процедур запобігання та пом'якшення впливу загроз, порядку взаємодії з іншими системами під час протидії загрозі тощо;
- процедур реагування, час реагування, процедур отримання допомоги тощо;
- вимог щодо резервування, процедур взаємодії при відновленні, часу відновлення тощо<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Заходи реагування на загрози порушення функціонування КІ та надання послуг можуть поділятися на:

1) *заходи аварійного реагування*: заходи першочергового реагування для припинення негативного впливу загроз;  
 2) *заходи пом'якшення впливу загроз* на функціональність КІ та рівень надання/споживання послуг: зниження потреб у послугах; застосування резервних можливостей підвищення обсягів надання послуги; зміщення пікових потреб у послугах у часі; заходи зі скорочення термінів падіння/погіршення проектних параметрів надання послуг/функцій; заміщення одних послуг іншими (заміщення інфраструктурних способів надання послуг/функцій).

– допустимого діапазону та часу обмеження функціональності, адаптації до нової ситуації, вивчення уроків системою управління тощо.

Безумовно, визначення конкретного переліку заходів забезпечення стійкості має враховувати специфіку надання визначеної послуги та функціонування відповідної КІ.

Водночас, перші кроки щодо виконання завдань за цим напрямом уже реалізуються. Так, Адміністрація Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України розробила методичні рекомендації щодо розроблення та затвердження місцевих програм забезпечення безпеки та стійкості КІ, програм підвищення стійкості територіальних громад до кризових ситуацій, викликаних припиненням або погіршенням надання важливих для їх життєдіяльності послуг чи для здійснення життєво важливих функцій [13]. Відтак, розпочалася практична робота з місцевими органами влади щодо розроблення необхідних місцевих програм із забезпечення безпеки та стійкості функціонування КІ, стійкості надання важливих послуг та забезпечення життєдіяльності громад.

Наступним кроком має стати запровадження подібних рішень на рівні секторів КІ та розроблення планів стійкості надання життєво важливих послуг/функцій на загальнодержавному рівні.<sup>12</sup> Подібна практика уже запроваджена у країнах ЄС, зокрема в частині стійкості функціонування систем електро- та газопостачання. Розроблений у ЄС підхід, може і має бути застосований і в Україні, зокрема враховуючи зобов'язання щодо адаптації законодавства України.

Слід відзначити, що розвиток національної системи захисту критичної інфраструктури за напрямом підвищення стійкості функціонування КІ та надання послуг загалом відображає сучасні світові тенденції та узгоджується із положеннями новоприйнятої Директиви щодо стійкості критичних суб'єктів (Директива CER) [14].

## 2.2. Захист критичної інфраструктури в системі оборонного планування

Створення системи планомірного розвитку спроможностей країни до забезпечення безпеки КІ є іншим пріоритетним напрямом розвитку національної системи захисту критичної інфраструктури. Захист критичної інфраструктури має стати окремою складовою оборонного планування та періодичної перевірки спроможності сил оборони до реагування на загрози різного рівня критичності.

Необхідно передусім чітко врегулювати відповідальність залучених суб'єктів за здійснення заходів захисту КІ в залежності від типу загрози та критичності їх впливу. В частині сектору оборони, мова іде про чітке законодавче регламентування завдань та повноважень сил оборони у цій сфері та забезпечення їх необхідними засобами та ресурсами.

Першим кроком у цьому є розроблення та затвердження на урядовому рівні (рішенням Ради національної безпеки і оборони України або Кабінетом Міністрів України) переліку загроз за окремими їх видами та запровадження стандартизованого підходу щодо критичності їх впливу та визначення відповідальності за захист. Це дозволить врегулювати розподіл відповідальності за реагування на окремі види загроз КІ, зокрема визначення відповідальності сил оборони за забезпечення захисту КІ від загроз воєнного характеру. Орієнтовний приклад такого переліку наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Перелік критичних загроз КІ та відповідальних за організацію реагування (приклад)

| Загроза                            | Короткий опис загрози  | Відповідальний                |
|------------------------------------|--|-------------------------------|
| Підпал (пожежа)                    | Виникнення пожежі на об'єктах критичної інфраструктури, що порушенням вимог протипожежної безпеки та діями окремих осіб    | ДСНС України                  |
| Спалах пандемії людини             | Серйозний спалах пандемічного захворювання ( <i>наприклад грипу</i> ) із загальним рівнем клінічних випадків у понад 25%   | Міністерство охорони здоров'я |
| Розлив або викид хімічної речовини | Аварія, коли відбувається викид великого об'єму хімічної речовини (з хімічного заводу, сховища чи способу транспортування) | ДСНС України                  |

<sup>12</sup> Перелік відповідних послуг визначено постановою Кабінету Міністрів України №1109 від 9 жовтня 2020 року «Деякі питання об'єктів критичної інфраструктури».

| Загроза   | Короткий опис загрози   | Відповідальний                |
|---|---|-------------------------------|
| Кібератака проти КІ                                       | Вплив на функціонування КІ шляхом спотворення роботи інформаційно-комунікаційної системи управління (вплив на фізичний вимір здійснення порушення технологічного процесу) | Держспец-зв'язок              |
| Теракт проти КІ   | Вплив на функціонування КІ шляхом застосування зброї, хімічних чи отруйних речовин вчинення вибуху та інших дій, які здійснюються недержавними суб'єктами                 | СБУ                           |
| Атака КІ з повітря за допомогою легких літальних апаратів | Застосування легких (побутових) безпілотних літальних апаратів для фізичного порушення роботи чи пошкодження КІ   | Міністерство внутрішніх справ |
| Повномасштабне збройне вторгнення                         | Атака збройних сил іншої держави (держав) на територію України та КІ із застосуванням усього спектру засобів враження.  | Міністерство оборони          |

У подальшому, у рамках системи оборонного планування доцільно використовувати сценарний підхід до підготовки заходів захисту критичної інфраструктури та формування необхідних сил та засобів для виконання цієї задачі. Планування доцільно здійснювати на основі набору сценаріїв з різним рівнем критичності впливу, від одиночних інцидентів до повномасштабного збройного вторгнення із застосування усього спектру наявних засобів ураження.

Прикладом такого підходу є Національна система управління інцидентами США (*The National Incident Management System, NIMS*), яка являє собою механізм координації зусиль державних та недержавних суб'єктів з метою спільного запобігання, захисту, пом'якшення, реагування та відновлення після інцидентів, спричинених різними загрозами. У якості інструменту планування необхідних спроможностей суб'єктів, NIMS вимагає розроблення сценаріїв реагування відповідно до 5 рівнів складності інцидентів (Type 1 to 5) та встановлення відповідних вимог щодо спроможності залучених учасників узгоджено взаємодіяти на ситуації різного рівня складності [15].

В Україні подібний підхід реалізовано у системі реагування на надзвичайні ситуації різного рівня (розроблено та напрацьовано методологічну, нормативну та організаційну базу планування розвитку необхідних спроможностей за рівнями ситуації). Зазначимо, що подібний підхід відображено у законодавстві щодо реагування на терористичні акти. Зокрема наголошується на прийнятті рішень щодо реагування у залежності від ступеня їх суспільної небезпеки, що відповідно визначатиме необхідні ресурси для реагування на визначений рівень критичності впливу (ст.11 Закону України «Про боротьбу з тероризмом»). У сфері оборони також заявлено про необхідність запровадження сценарного підходу до визначення шляхів досягнення цілей і реалізації пріоритетів державної політики у воєнній сфері, сферах оборони і військового будівництва (ст.28 Закону України «Про національну безпеку»).

Виходячи із зазначеного, пропонується узгодити наявні підходи та унормувати планування спроможностей суб'єктів реагування на основі сценарного планування. Визначений відповідальний за реагування суб'єкт, у рамках подальшого оборонного планування, використовуючи сценарний підхід до планування, визначає заходи захисту КІ та необхідні сили та засоби для реагування на визначений вид загроз. Пропозиції щодо концептуальних підходів щодо розроблення сценаріїв для різних рівнів критичності впливу загроз наведено у таблиці 3.

**Таблиця 3**

Концептуальний підхід до розроблення сценаріїв для різних рівнів критичності впливу загроз

| Рівень впливу | Параметри деталізації сценарію, які визначатимуть рівень необхідного захисту   | Відповідальні |
|---------------|--|---------------|
| 1             | дії проти критичної інфраструктури, реагування на які (відповідно до законодавства) можуть бути реалізовані Оператором критичної інфраструктури власними силами у межах визначеного наперед (планового) режиму роботи системи захисту; | Оператор КІ   |

| Рівень впливу | Параметри деталізації сценарію, які визначатимуть рівень необхідного захисту   | Відповідальні   |
|---------------|--|---|
| 2             | дії проти критичної інфраструктури, реагування на які можуть (та можуть) бути реалізовані Оператором критичної інфраструктури власними силами у рамках мобілізації ресурсів (планів захисту об'єктів критичної інфраструктури (планів стійкості Операторів));                        | Оператор КІ,<br>місцеві органи державної влади  |
| 3             | дії проти критичної інфраструктури, реагування на які потребують залучення територіальних сил та ресурсів сектору безпеки (поліція, СБУ, ДСНС України), територіальних підрозділів центральних органів виконавчої влади та органів місцевої влади у межах територіального реагування | Місцеві органи державної влади,<br>Територіальні формування сектору безпеки і оборони відповідно до законодавства;<br>Оператор КІ бере участь |
| 4             | дії проти критичної інфраструктури, реагування на які потребують залучення сил та ресурсів сектору безпеки і оборони та координації дій на регіональному рівні (надзвичайний стан, воєнний стан на окремих територіях);  | Центральні органи державної влади, військово командування, формування сектору безпеки і оборони відповідно до законодавства                   |
| 5             | дії проти КІ, реагування на які потребують повної мобілізації та координації усіх доступних сил та ресурсів країни (загальнодержавний надзвичайний стан, воєнний стан);  | Військово командування, Сили сектору безпеки і оборони відповідно до законодавства  |

Розроблення детальних сценаріїв сприятиме розробленню визначеними суб'єктами планів заходів та процедур реагування залежно від рівня критичності ситуації. Напрацьовані заходи надалі, мають бути враховані при формуванні Плану оборони країни, мобілізаційних планів України та окремих секторів КІ.

Для формування надійних джерел фінансування заходів захисту КІ слід на законодавчому рівні визначити цільові механізми фінансування заходів забезпечення захисту КІ. Обсяги фінансових видатків доцільно визначити з огляду на перелік заходів, сформованих за результатами сценарного планування.

Таким чином, буде сформовано механізм планування розвитку спроможностей суб'єктів національної системи захисту критичної інфраструктури, необхідних для реагування на визначені види загрози та рівні критичності їх впливу.

Зазначимо, що загальні підходи щодо визначення рівнів критичності впливу загроз та розподілу відповідальності за реагування базуються на вивчені досвіду реагування України на випадки руйнування КІ під час війни [5].

### Висновки

Досвід України у реагуванні на загрози КІ в умовах повномасштабної війни засвідчує необхідність посилення ролі та спроможностей суб'єктів національної системи захисту КІ. Узагальнення досвіду реагування України на порушення функціонування критичної енергетичної інфраструктури внаслідок російського збройного вторгнення дозволило визначити ряд практичних заходів та обґрунтувати зміст діяльності суб'єктів реагування за етапами циклу кризового реагування.

Сформовано методологію визначення цільових параметрів регулювання стійкості, вимог до діяльності учасників кризового реагування та визначення можливих заходів забезпечення стійкості функціонування КІ та надання життєво важливих послуг. Запропонований сценарний підхід до планування заходів підготовки та реагування на випадок кризової ситуації, з врахуванням рівнів критичності впливу загроз будь-якого виду.

У загальному підсумку, розроблена методологія планування розвитку спроможностей національної системи захисту КІ стає практичним інструментом визначення вимог до захисту КІ, планування дій із забезпечення безпеки і стійкості КІ та надання життєво важливих послуг, планування необхідного фінансового, ресурсного та технічного забезпечення суб'єктів кризового реагування.

### Список використаних джерел

1. Зелена книга з питань захисту критичної інфраструктури в Україні: зб. матеріалів міжнар. експерт. нарад / упоряд. Д. С. Бірюков, С. І. Кондратов; за заг.ред. О.М.Суходолі. – К.: НІСД, 2016. – 176 с.

2. Про критичну інфраструктуру. [Електронний ресурс] : Закон України від 16 листопада 2021 року № 1882-IX // Верховна Рада України. Законодавство України. – Режим доступу : [zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#n216](http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#n216)
3. Sukhodolia. O. Ukrainian Energy Sector under Military Attack: Lessons for Resilience in book “War and Energy Security: Lessons for The Future” / Editor Tomas Jermalavičius // Tallin: International Centre for Defence and Security, 2023, 78 p.
4. Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4) February 2022 – December 2024. The World Bank, the Government of Ukraine, the European Union, the United Nations. 2025. – Режим доступу: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099022025114040022/pdf/P1801741ca39ec0d81b5371ff73a675a0a8.pdf>
5. Суходоля О. Стійкість критичної енергетичної інфраструктури та життєдіяльності громад : аналіт. доп. – Київ : НІСД, 2024. – 156 с. <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2024.04>
6. The Staying Power of Ukrainian Lights. Lessons of Wartime Resilience of the Electricity Sector/ T.Jermalavičius (editor); H.Rõigas; O.Sukhodolia; D.Teperik // Tallin: International Centre for Defence and Security, 2025, 61 p.
7. Меморандум підвищення енергетичної стійкості громад: ключові міністерства та асоціації українських громад разом залучатимуть інвестиції. [Електронний ресурс] / Кабінет Міністрів України. – Режим доступу : <https://www.kmu.gov.ua/news/memorandum-pidvyshchennia-enerhetychnoi-stiykosti-hromad-kliuchovi-ministerstva-ta-asotsiatsii-ukrainskykh-hromad-razom-zaluchatymut-investytsii>
8. Захист енергетичних об’єктів – один з пріоритетів Агентства відновлення. [Електронний ресурс] / Державне агентство відновлення та розвитку інфраструктури України. – Режим доступу : [.facebook.com/agency.for.restoration/posts/722698176555462?ref=embed\\_post](https://www.facebook.com/agency.for.restoration/posts/722698176555462?ref=embed_post)
9. Про утворення Координаційного штабу із оперативного реагування та забезпечення створення нормальних умов життєдіяльності населення під час обмеження та/або припинення постачання електричної енергії. Постанова Кабінету Міністрів України від 22 вересня 2023 р. № 1033. [Електронний ресурс] / Кабінет Міністрів України. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1033-2023-%D0%BF#Text>
10. Про організацію захисту та забезпечення безпеки функціонування об’єктів критичної інфраструктури та енергетики України в умовах ведення воєнних дій. Рішення Ради національної безпеки і оборони України від 17 жовтня 2023 року. [Електронний ресурс] / Законодавство України. – Режим доступу : [zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0040525-23#Text](http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0040525-23#Text)
11. Суходоля О. Стійкість енергетичної системи чи стійкість енергозабезпечення споживачів: постановка проблеми. О.М.Суходоля // Стратегічні пріоритети – 2018. № 2(47). С. 101–117.
12. Суходоля О. Стійкість критичної інфраструктури та життєво важливих функцій і послуг: формалізація завдань і змісту дій суб’єктів забезпечення / О.М.Суходоля // Стратегічна панорама – 2023. – № 2, С.5-20. <https://doi.org/10.53679/2616-9460.2.2023.01>
13. Про затвердження Методичних рекомендацій щодо розроблення та затвердження місцевих програм забезпечення безпеки та стійкості критичної інфраструктури, програм підвищення стійкості територіальних громад до кризових ситуацій, викликаних припиненням або погіршенням надання важливих для їх життєдіяльності послуг чи для здійснення життєво важливих функцій : Наказ Адміністрації Держспецзв’язку від 30.11.2023 № 997. [Електронний ресурс] / Адміністрація Держспецзв’язку. – Режим доступу : <http://surl.li/slodv>
14. DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the resilience of critical entities and repealing Council Directive 2008/114/EC. [Електронний ресурс] / EU. – Режим доступу : [eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32022L2557](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32022L2557)
15. Incident Complexity Guide Planning, Preparedness and Training. [Електронний ресурс] / NIMS Incident Complexity Guide// FEMA. – Режим доступу: <https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/nims-incident-complexity-guide.pdf>

### References

1. Green Book on Critical Infrastructure Protection in Ukraine: Collection of Materials of International Expert Meetings / Compiled by D. S. Biryukov, S. I. Kondratov; Editor-in-Chief O. M. Sukhodolia. – Kyiv: NISS, 2016. – 176 p.

2. On critical infrastructure. [Electronic resource]: Law of Ukraine dated November 16, 2021 No. 1882-IX // Verkhovna Rada of Ukraine. Legislation of Ukraine. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#n216>
3. Sukhodolia O. Ukrainian Energy Sector under Military Attack: Lessons for Resilience in book “War and Energy Security: Lessons for The Future” / Editor Tomas Jermalavičius // Tallin: International Centre for Defence and Security, 2023, 78 p.
4. Fourth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA4) February 2022 – December 2024. The World Bank, the Government of Ukraine, the European Union, the United Nations. 2025. – Режим доступу <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099022025114040022/pdf/P1801741ca39ec0d81b5371ff73a675a0a8.pdf>
5. Sukhodolia O. Resilience of critical energy infrastructure and communities : report. – Kyiv : NISS, 2024. – 160 p. <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2024.04>
6. The Staying Power of Ukrainian Lights. Lessons of Wartime Resilience of the Electricity Sector/ T.Jermalavičius (editor); H.Rõigas; O.Sukhodolia; D.Teperik // Tallin: International Centre for Defence and Security, 2025, 61 p.
7. Memorandum on increasing energy sustainability of communities: key ministries and associations of Ukrainian communities will jointly attract investments. [Electronic resource] / Cabinet of Ministers of Ukraine. – Режим доступу : <https://www.kmu.gov.ua/news/memorandum-pidvyshchennia-enerhetychnoi-stiykosti-hromad-kliuchovi-ministerstva-ta-asotsiatsii-ukrainskykh-hromad-razom-zaluchatymut-investytsii>
8. Protection of energy facilities is one of the priorities of the Restoration Agency. [Electronic resource] / State Agency for Restoration and Infrastructure Development of Ukraine. – Режим доступу : [.facebook.com/agency.for.restoration/posts/722698176555462?ref=embed\\_post](https://www.facebook.com/agency.for.restoration/posts/722698176555462?ref=embed_post)
9. On the establishment of a Coordination Headquarters for rapid response and ensuring the creation of normal living conditions for the population during restrictions and/or termination of electricity supply. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated September 22, 2023 No. 1033. [Electronic resource] / Cabinet of Ministers of Ukraine. – Режим доступу : [zakon.rada.gov.ua/laws/show/1033-2023-%D0%BF#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1033-2023-%D0%BF#Text)
10. On the organization of protection and ensuring the safety of the functioning of critical infrastructure and energy facilities of Ukraine in the conditions of military operations. Decision of the National Security and Defense Council of Ukraine of October 17, 2023. [Electronic resource] / Legislation of Ukraine. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0040525-23#Text>
11. Sukhodolia O. Resilience of energy system or consumers’ energy supply: A problem statement // Strategic Priorities, – 2018.– №47(2), 101-117.
12. Sukhodolia O. The resilience of critical infrastructure and vital functions and services: The formalization of the tasks and content of stakeholder’s actions// Strategic Panorama, – 2023. – №2, С.5-20. <https://doi.org/10.53679/2616-9460.2.2023.01>
13. On approval of Methodological recommendations for the development and approval of local programs to ensure the security and resilience of critical infrastructure, programs to increase the resilience of territorial communities to crisis situations caused by the termination or deterioration of the provision of services important for their vital activities or for the implementation of vital functions: Order of the Administration of the State Special Communications Service of 11/30/2023 No. 997. [Electronic resource] / Administration of the State Special Communications Service. – Режим доступу : <http://surl.li/slody>
14. DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the resilience of critical entities and repealing Council Directive 2008/114/EC. [Електронний ресурс] / EU. – Режим доступу : [lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32022L2557](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32022L2557)
15. Incident Complexity Guide Planning, Preparedness and Training. [Електронний ресурс] /NIMS Incident Complexity Guide// FEMA. – Режим доступу : [default/files/documents/nims-incident-complexity-guide.pdf](https://www.fema.gov/default/files/documents/nims-incident-complexity-guide.pdf)

## СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ОБ'ЄКТА КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ, ЩО ОХОРОНЯЄТЬСЯ, ВІД ТЕРОРИСТИЧНОГО НАЗЕМНОГО І ПОВІТРЯНОГО ПРОНИКНЕННЯ НА ОБ'ЄКТ

**Євген ЛІНЧЕВСЬКИЙ**

доктор технічних наук, старший науковий співробітник, начальник Відділу захисту критичної інфраструктури, Міністерство розвитку громад та територій України, leefirelee@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2571-3352

**Мета дослідження:** розробка структурно-логічної моделі управління безпекою об'єкта критичної інфраструктури (ОКІ) України, що охороняється, від терористичного наземного і повітряного проникнення. Дослідження спрямоване на підвищення ефективності систем фізичного захисту ОКІ в умовах зростання терористичних загроз, зокрема в контексті сучасної збройної агресії проти України.

**Методи дослідження:** у роботі застосовано системний підхід і системний аналіз для дослідження складних організаційно-технічних систем безпеки. Використано моделювання сценаріїв терористичних загроз, аналіз функціонування сучасних комплексних систем фізичного захисту, а також порівняльний аналіз вітчизняного та міжнародного досвіду протидії терористичним атакам на об'єкти критичної інфраструктури.

**Результати:** створено структурно-логічну модель управління безпекою ОКІ, що охороняється, яка враховує різні сценарії терористичних загроз – як наземних, так і повітряних. Визначено основні завдання системи фізичного захисту, критерії ефективності її роботи, а також фактори, що впливають на функціонування системи.

**Теоретична цінність дослідження:** полягає у розвитку системного підходу до організації захисту об'єктів критичної інфраструктури, а також у застосуванні сучасних методів моделювання надзвичайних ситуацій терористичного характеру.

**Оригінальність:** полягає у розробці структурно-логічної моделі управління безпекою ОКІ, що охороняється, з урахуванням сучасних видів терористичних загроз, зокрема атак із використанням безпілотників, ракет, дронів та інших високотехнологічних засобів. Вперше запропоновано критерій оцінки ефективності системи фізичного захисту на основі різниці між стандартною та поточною ймовірністю виявлення зловмисника у контрольованій зоні.

**Практична цінність:** полягає у можливості використання розробленої моделі для підвищення ефективності систем фізичного захисту об'єктів критичної інфраструктури України. Запропоновані підходи можуть бути впроваджені у практику охорони ОКІ, використані при проектуванні нових систем безпеки, удосконаленні регламентів дій персоналу, а також у підготовці кадрів для силових структур та охоронних підрозділів. Це сприятиме зниженню ризику успішних терористичних атак, підвищенню стійкості інфраструктури та забезпеченню безпеки населення й держави в цілому.

## STRUCTURAL AND LOGICAL MODEL FOR MANAGING THE SECURITY OF CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES IN UKRAINE PROTECTED FROM TERRORIST GROUND AND AIR PENETRATION INTO THE FACILITY

**Yevhen LINCHEVSKYI**

Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Head of Critical Infrastructure Protection Department, Ministry for Development of Communities and Territories of Ukraine, leefirelee@gmail.com; ORCID: 0000-0002-2571-3352

**Research objective:** to develop a structural and logical model for managing the security of Ukraine's critical infrastructure (CI) facilities protected from terrorist ground and air incursions. The research aims to improve the effectiveness of CI physical protection systems in the context of growing terrorist threats, particularly in the context of the current armed aggression against Ukraine.

**Research methods:** the study uses a systematic approach and systematic analysis to investigate complex organizational and technical security systems. It uses modeling of terrorist threat scenarios, analysis of the functioning of modern integrated physical protection systems, and a comparative analysis of domestic and international experience in countering terrorist attacks on critical infrastructure facilities.

**Results:** a structural-logical model for managing the security of protected critical infrastructure has been created, which takes into account various scenarios of terrorist threats, both ground-based and airborne. The main tasks of the physical protection system, the criteria for its effectiveness, and the factors influencing the functioning of the system have been identified.

**Theoretical value of the research:** lies in the development of a systematic approach to the organization of critical infrastructure protection, as well as in the application of modern methods of modeling terrorist emergencies.

**Originality:** lies in the development of a structural-logical model for managing the security of protected critical infrastructure, taking into account modern types of terrorist threats, in particular attacks using unmanned aerial vehicles, missiles, drones, and other high-tech means. For the first time, a criterion for assessing the effectiveness of a physical protection system based on the difference between the standard and current probability of detecting an intruder in a controlled area has been proposed.

**Practical value:** lies in the possibility of using the developed model to improve the effectiveness of physical protection systems for critical infrastructure facilities in Ukraine. The proposed approaches can be implemented in the practice of protecting critical infrastructure, used in the design of new security systems, the improvement of personnel regulations, and the training of personnel for law enforcement agencies and security units. This will help reduce the risk of successful terrorist attacks, increase infrastructure resilience, and ensure the safety of the population and the state as a whole.

Питання захисту об'єктів критичної інфраструктури України в умовах збройної агресії та зростання терористичних загроз набуває першочергового значення для національної безпеки. Такі об'єкти забезпечують безперервне функціонування ключових сфер держави – енергетики, транспорту, зв'язку, водопостачання, охорони здоров'я, фінансової системи тощо. Виведення з ладу або знищення навіть одного з них може мати катастрофічні наслідки як на локальному, так і на національному рівнях.

Особливу небезпеку становлять загрози терористичного характеру, які можуть здійснюватися як шляхом безпосереднього наземного проникнення на об'єкт, так і через повітряні засоби – безпілотники, керовані ракети, малі літальні апарати. Реальність таких атак уже підтверджується практикою: за останні роки в Україні траплялися випадки диверсій, спроб прориву на стратегічні об'єкти, атаки дронами на електростанції, нафтобази, склади боєприпасів та інші важливі цілі.

Цілеспрямовані дії ворога зосереджені на руйнуванні критичних ланок інфраструктури, що може призвести до тривалих перебоїв у наданні життєво важливих послуг населенню, зниження обороноздатності та економічної стабільності країни. У зв'язку з цим важливим завданням є формування ефективної, багаторівневої системи фізичного захисту ОКІ, яка передбачає не лише організаційні та інженерно-технічні заходи, але й залучення сучасних технологій: систем відеоспостереження, радарного моніторингу, дроноперехоплювачів, засобів радіоелектронної боротьби.

Значну роль у забезпеченні безпеки відіграє і людський фактор – підготовка персоналу охорони, чітке регламентування дій у разі загрози, взаємодія з підрозділами силових структур та місцевими органами влади. Оперативність реагування, здатність до координації дій у критичних ситуаціях, а також постійний аналіз ризиків і вразливостей мають стати основою стратегії захисту.

Отже, актуальність теми захисту об'єктів критичної інфраструктури України від терористичних загроз є беззаперечною. Вона зумовлена як поточною воєнно-політичною ситуацією, так і довгостроковими викликами, пов'язаними з гібридними формами загроз. Саме тому формування сучасної системи протидії наземному й повітряному проникненню на такі об'єкти є одним із пріоритетних напрямів державної політики у сфері безпеки.

Існуючі системи фізичного захисту об'єктів критичної інфраструктури, що охороняються, використовують радіолокаційні, оптоелектронні, інфрачервоні, контактні електронні і електромагнітні підсистеми контролю периметра і території, що охороняється. Прилегли до об'єктів санітарні зони контролюються цими засобами, які, в свою чергу, забезпечують процес управління надзвичайною ситуацією, терористичною загрозою на об'єкті критичної інфраструктури. Головне завдання цього управління – не допустити зловмисників на об'єкт, що охороняється, шляхом своєчасного виявлення і припинення їх дії. Однак, функціонування засобів своєчасного виявлення залежить від стану приземних шарів атмосфери, наявності природних і штучних перешкод та інших чинників.

Оскільки актуальність проблеми з такою гостротою постала не так давно, то зроблено лише перші кроки у напрямку її вирішення. Їх основою є дослідження вітчизняних та закордонних вчених у галузі системного підходу та системного аналізу, зокрема, М. З. Згуровського, Н. Д. Панкратової, Т. Сааті, А. А. Тимченка та інших. Їх результати склали наукову базу дослідження складних систем та методологію вирішення складних проблем. Значний внесок у розробку теорії, практики моделювання надзвичайних ситуацій техногенного характеру та терористичних загроз зробили відомі вчені Г. В. Лисиченко, Г. А. Хміль, М. М. Брушлинський, А. Я. Корольченко, В. В. Холщевніков. Їх роботи спрямовані на моделювання процесів розвитку надзвичайних ситуацій та управління людськими потоками в критичних умовах.

Разом із тим, значна кількість задач, пов'язаних з ідентифікацією терористичних загроз об'єктам критичної інфраструктури України, що охороняються, як залежності від зовнішніх та внутрішніх факторів залишилась поза увагою вчених. Проблема забезпечення безпеки периметра об'єкта критичної інфраструктури України полягає в своєчасному виявленні зловмисників (диверсійних засобів та диверсантів), що наближаються до периметра об'єкта. Вирішення цієї проблеми можливе шляхом розробки інформаційно-технічних методів запобігання терористичним загрозам на основі комплексного використання радіоелектронних (оптичних, радіолокаційних і лазерних) засобів.

Розглянемо завдання системи фізичного захисту (СФЗ) щодо забезпечення безпеки об'єкта критичної інфраструктури України, що охороняється, від терористичних загроз. Потім дамо опис видів ударного впливу і виведення з ладу об'єктів критичної інфраструктури України. Після чого представимо узагальнений сценарій підготовки та проведення терористичного акту на ОКІ. Потім опишемо розроблену структурно-логічну модель управління безпекою ОКІ України, що охороняється, від терористичного наземного і повітряного проникнення на об'єкт.

### **Завдання системи фізичного захисту щодо забезпечення безпеки об'єкта критичної інфраструктури України, що охороняється, від терористичних загроз**

Прийнято вважати [1-3], що між процесом управління НС техногенного характеру на об'єкті, що охороняється, і процесом управління ризиками вчинення терористичного акту на ОКІ, що охороняється, можна поставити знак рівності. Коли дії зловмисників носять явно ворожий характер, то безпосереднє запобігання терористичному акту покладається на СФЗ. По суті СФЗ конкретного об'єкта повинна протистояти системі терористичного вторгнення на об'єкт. Від того, наскільки ефективно СФЗ здатна протистояти підготовленій акції, залежить захищеність і цілісність об'єкта, що охороняється.

Складовою частиною СФЗ є комплексна система безпеки, яка є організаційно-технічною системою, що складається з алгоритмічно об'єднаних систем, які забезпечують захист об'єкта від загроз різної природи. До складу цієї системи входять сигналізаційні межі, фізичні бар'єри,

персонал контролерів контрольно-пропускних пунктів, стаціонарних і мобільних постів спостереження, оператори центрального пульта управління (ЦПУ).

Головний принцип побудови будь-якої системи забезпечення безпеки – це превентивність. Стосовно до СФЗ об'єкта реалізація цього принципу означає, що чим раніше буде виявлена загроза вторгнення на об'єкт, і чим своєчасніше вона буде усунена, тим ефективніше працює система. Інакше кажучи, відстань виявлення зловмисників на підходах до об'єкта є ключовою характеристикою, яка і визначає ймовірність виявлення зловмисників.

Під час побудови й оцінки ефективності СФЗ існує два полярних підходи. Перший передбачає введення у систему великого штату сил охорони і розробку організаційних заходів, за якими основний акцент робиться на людський фактор. Другий підхід, навпаки, полягає в максимальному використанні технічних засобів, а сили охорони використовуються в основному для припинення дій порушників або зловмисників. Безумовно, оптимальне рішення носить проміжний характер між першим і другим підходом.

Головною проблемою побудови СФЗ є розробка сценарію вторгнення, одна з спрощених схем якого представлена на рисунку 1.

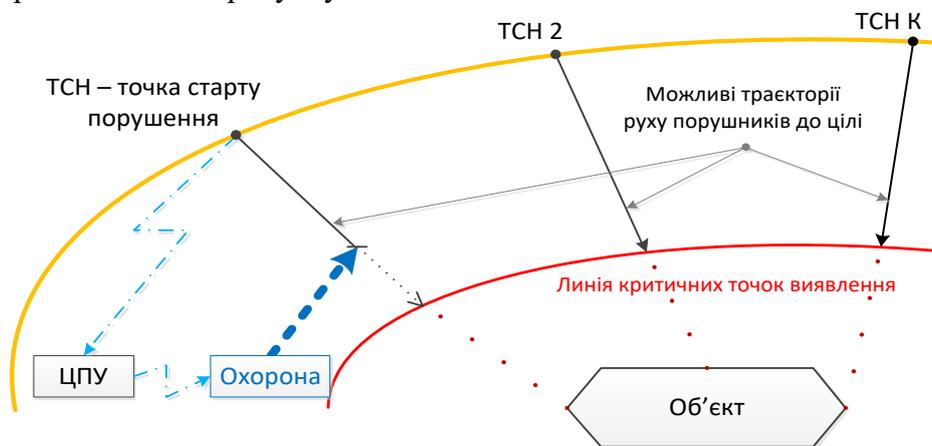


Рисунок 1 – Схема сценарію вторгнення на об'єкт

Передбачається, що порушник (зловмисник, терорист, диверсант та ін.) певним чином рухається до об'єкта, що охороняється. На лінії точок старту порушника (ТСП) спрацьовує система виявлення порушника, і сигнал тривоги передається на центральний ЦПУ. На ЦПУ особа, яка приймає рішення, віддає команду підрозділу охорони, який повинен перехопити порушника до його підходу до місця, де він може виконати запланований терористичний акт.

Критична точка виявлення – це найближча до об'єкта точка на можливій траєкторії руху порушника, в якій підрозділ охорони встигає його нейтралізувати. Побудована лінія критичних точок виявлення навколо об'єкту, що охороняється, дозволяє визначити необхідну кількість підрозділів для його захисту. Однак слід враховувати той факт, що зловмисник може просуватися несподіваним способом (повзком, використовуючи засоби маскування, на автомобілі, розвиваючи величезну швидкість, на парашуті або дельтаплані, скориставшись висхідними потоками повітря тощо).

Крім того, під час розробки сценарію вторгнення необхідно враховувати, що для досягнення мети терористичного акту зловмисники можуть використовувати найсучасніші досягнення науки і техніки. Тому в сценарії вторгнення для кожного виду засобів виявлення (оптоелектронних, інфрачервоних, акустичних, радіолокаційних та ін.) приймається певне значення відстані виявлення зловмисника, яку прийнято називати стандартною відстанню виявлення. Вона визначає конкретне значення ймовірності виявлення зловмисника в контрольованій зоні, що охороняється. Це значення є стандартною ймовірністю виявлення зловмисника  $P_{ст}$  і характеризує ефективність роботи СФЗ щодо запобігання або управління терористичною загрозою на об'єкті, що охороняється.

У реальному часі, що залежить від часу доби (ранок, день, ніч, вечір), пори року (зима, весна, літо, осінь), гідрометеоумов (дощ, туман, сніг), природних і штучних перешкод,

відстань виявлення зловмисника змінюється. Це призводить до зміни ймовірності виявлення зловмисника в контрольованій зоні. Відповідно, зменшення ймовірності  $P_{\text{пот}}$  в порівнянні зі стандартною свідчить про зменшення ефективності роботи СФЗ щодо запобігання або управління терористичною загрозою на об'єкті, що охороняється.

Коли вжитими заходами поточні значення відстані виявлення зловмисника збільшуються, і, відповідно, поточне значення ймовірності виявлення зростає і стає більшим за  $P_{\text{ст}}$ , ефективність роботи СФЗ із запобігання або управління подією терористичного характеру на об'єкті, що охороняється, зростає. Значить, ефективність управління терористичною загрозою на об'єкті, що охороняється, може оцінюватися як різниця значень поточної і стандартної ймовірностей виявлення у контрольованій зоні, що охороняється.

Іншими словами, основним критерієм оцінки ефективності управління терористичною загрозою на об'єкті, що охороняється, є ймовірність виявлення зловмисника на підходах до об'єкта в контрольованій зоні в певних стандартних умовах, передбачених сценарієм вторгнення, яка дозволяє СФЗ своєчасно реагувати і припиняти дії зловмисників. Ефективність управління ситуацією в поточний момент часу буде визначатися різницею значень поточної і стандартної ймовірностей виявлення зловмисника в контрольованій зоні, що охороняється. Позитивне значення буде говорити про позитивний ефект управління, а негативне – про негативний.

Таким чином, головне завдання СФЗ щодо забезпечення ОКІ України, що охороняється, від терористичних загроз полягає в завчасному виявленні замаскованих зловмисників і їхніх технічних засобів різного призначення, що перебувають на землі і в повітрі.

#### **Види ударної дії і виведення з ладу об'єктів критичної інфраструктури України**

Ударна дія – це один з трьох основних видів механічного впливу, який є, з одного боку, короткочасним, а з іншого – дуже великим [4-7]. Стосовно об'єктів критичної інфраструктури, таким як мости і шляхопроводи, ударна дія полягає в їх ураженні (руйнуванні) за рахунок кінетичної енергії рухомого снаряда. Вона є основною уражаючою характеристикою для бронебійних і бетонобійних снарядів. Під час ударного впливу боеприпасу об'єкти отримують додаткові механічні навантаження від надлишкового тиску і швидкісного напору середовища в ударній хвилі, що при певній інтенсивності впливу може призвести до руйнування (ураження) цих об'єктів.

Способи, які століттями використовувалися для руйнування мостів докорінно змінилися з появою артилерії. Пропала необхідність підпалювати дерев'яні мости або з використанням ломів, кирок і людських зусиль руйнувати арки прольотів кам'яних мостів. Досить було кілька знарядь розташувати на вогневій позиції біля мосту і одним, двома залпами зруйнувати його. Використання артилеристами нових термінів, таких як, вогнева позиція, вогневий рубіж, вогневе ураження та інших згодом призвело до появи терміну вогневий вплив, яке використовується і в даний час. Іншими словами руйнування мостів, шляхопроводів або інших об'єктів транспортних комунікацій пострілами з гармат і мінометів вважається результатом ударного вогневого впливу.

Поява з плином часу нових видів озброєнь призвела до появи нових способів руйнування об'єктів транспортних комунікацій. Точніше, як і поява артилерії в XV столітті, так і поява авіації в кінці XIX - початку XX століття призвели до можливості знищення мостів з повітря. Літаки і дирижаблі, що пролітали над мостами, скидали на них бомби. Це забезпечувало бомбовий вплив на комунікаційні об'єкти і, як результат цього впливу, – їх руйнування.

В даний час керовані авіаційні бомби з телевізійними і лазерними системами наведення забезпечують точність їх потрапляння в об'єкт з точністю  $\pm 0,5-1$  м від точки прицілювання. Перше застосування подібного бомбового впливу на мости було в 1964 р. під час війни у В'єтнамі, також в 2001 р. під час війни в Югославії. Тут для збільшення потужності ударного впливу використовувалися уранові наповнювачі, які при стандартному об'ємі авіабомб вдвічі збільшували їх масу.

Подібним чином поява в п'ятдесятих роках минулого століття крилатих ракет і керованої ракетної зброї також призвело до появи нового терміну ракетного впливу на об'єкти

транспортних комунікацій. Крилаті ракети можуть запускатися з літаків і кораблів, підводних човнів і мобільних (самохідних) наземних установок. Маючи інерціальні навігаційні системи, крилаті ракети здатні здійснювати політ на малих і надмалих висотах, повторюючи профіль місцевості, здійснювати обхід висотних будівель і споруд, годинами перебувати в повітрі долаючи сотні кілометрів, і уражати призначені цілі. У 1988 р. під час війни в Іраку з американських кораблів, які перебували в Перській затоці, було здійснено запуск близько ста крилатих ракет. Десятки іранських об'єктів, в тому числі і ключові шляхопроводи, було зруйновано.

До керованої ракетної зброї, яка може використовуватися для руйнування об'єктів транспортних комунікацій, слід відносити всі мобільні і переносні ракетні системи, що забезпечують протиповітряну і протитанкову оборону. Відстань ураження ракет, випущених з цих систем, не перевищує 4-6 км, однак використання в ракетах пристрою телевізійного, інфрачервоного і лазерного наведення забезпечує точність попадання  $\pm 0,25-0,5$  м від точки прицілювання. Застосування цієї зброї для ракетного впливу на об'єкти транспортних комунікацій було під час першої та другої Чеченської війни в росії, а також в 2014 р. під час бойових зіткнень в Донецьку з окупантами.

Саперний або мінний вплив на мости та інші об'єкти відомий з 14 століття, коли порох став активно використовуватися у військовій справі. Закласти під мостом пороховий заряд і підірвати його – один з найефективніших способів руйнування об'єктів транспортних комунікацій критичної інфраструктури. Досвід Другої світової війни і наступних локальних воєн і військових конфліктів показав, що зовсім не обов'язково закладати міни або заряди в затишному місці моста. Достатньо щоб необхідна для руйнування моста кількість вибухівки була доставлено на один з його прольотів і там була підірвана. Аналогічним чином, але вже інша кількість вибухівки, необхідна для руйнування моста, може бути доставлена під один з мостових прольотів на плотах, катерах, баржах та інших плавзасобах. Причому саперний або мінний вплив на відміну від перших трьох може здійснюватися таємно протягом тривалого часу. Вогневий, бомбовий і ракетний вплив не має скритності. Вони можуть використовуватися, як правило, державними військовими структурами і тому застосовними в умовах війни або відкритого, в тому числі і гібридного військового протистояння. За десятки і тим більше сотні кілометрів від лінії фронту застосування вогневого бомбового або ракетного впливу відразу ж стає очевидним і вказує всій світовій спільноті на країну агресора. Приклад тому – збитий у 2014 р. авіалайнер, який прямував з Нідерландів в Куала-Лумпур. Він був збитий самохідною зенітно-ракетною установкою радянського виробництва БУК-1.

Саперний або мінний вплив здійснюється приховано і його завжди можна списати на неідентифікованих терористів. Так було із підірваними будинками в Волгограді, коли під виглядом цукру мішки з гексогеном були доставлені і заховані в підвалах житлових будинків. Іншими словами саперний або мінний вплив проти об'єктів транспортних комунікацій критичної інфраструктури – це реальна терористична загроза, яка існує і буде існувати.

Необхідно відзначити, що у конструкції кожного моста є місця (точки) жорсткості або міцності і вразливі місця (точки). До перших необхідно прикладати максимальну ударну дію для руйнування, до других – мінімальну. У всіх інших точках моста для його руйнування необхідно прикладати ударну дію, величина якої буде для кожної точки своя, але вона буде більша від мінімального значення, але менша від максимального.

Нехай ударна дія оцінюється як сила вибуху в тротиловому еквіваленті, тоді кожній точці моста буде відповідати своє значення мінімального ударного впливу вираженого в тротиловому еквіваленті необхідного для руйнування моста. Це об'єднає всі чотири види ударного впливу: вогневий, бомбовий, ракетний і мінний. Зауважимо тільки, що для всіх чотирьох видів необхідно враховувати кінетичну складову, обумовлену швидкістю руху боєприпасу або ударної хвилі. Наприклад: для руйнування моста в середині його прольоту необхідно прикласти ударну дію, яка дорівнює одній тонні тротилового еквівалента, а під час вогневого впливу необхідно п'ять стоміліметрових снарядів, кожен з яких після пострілу летить зі швидкістю 1800

м/с. Такі ж руйнування спричинить керована авіаційна бомба, споряджена всього 200 кг тротилу, скинута з висоти 5 тис. м, падаючи і вибухаючи в цьому ж місці. Якщо ж підрив здійснювати під мостом з баржі, яка буде розташовуватися на відстані 10 м від даної точки, то спорядження її має становити вже 10 т тротилу, оскільки буде відбуватися ослаблення ударної хвилі і для досягнення руйнівної ударної дії необхідна більша вага заряду.

Таким чином, ударна дія на ОКІ України може бути чотирьох видів: вогнева, з використанням артилерії і мінометів; бомбова (скиданням бомб з літальних апаратів), ракетна (пуск крилатих ракет і застосування керованої ракетної зброї) та саперна або мінна (закладання або доставка вибухового заряду до місця підриву). Оцінка ударної дії в одиницях тротилового еквівалента дозволяє чисельно оцінити уразливість елементів конструкції периметра і самого об'єкта, що охороняється, та прогнозувати можливі сценарії терористичних актів проти нього.

### **Узагальнений сценарій підготовки та проведення терористичного акту на об'єкті критичної інфраструктури**

Підготовка терористичного акту має досить тривалий і серійний процес. Вона може описуватися сценарієм підготовки терористичного акту, який має певну послідовність дій і очікуваних подій. Щоб звузити область опису можливих сценаріїв терористичних актів, визначимо, що під метою даного терористичного акту будемо розуміти ОКІ України, що охороняється. Це дозволить з одного боку відобразити всі основні класичні етапи підготовки та реалізації терористичного акту, з іншого, врахувати специфіку ОКІ [8-10].

Спочатку формується мета терористичного акту, тобто країну, її керівника і уряд, яку політичну партію чи громадську організацію, їх лідера або групи лідерів піддати терористичному впливу. Іншими словами потерпати будуть прості люди, але політичний резонанс може призвести до політичної кризи та серйозних політичних наслідків. Одночасно з політичними цілями необхідно враховувати і економічний аспект.

Після вибору мети і керівника терористичного акту починається другий етап – вивчення об'єкта майбутнього терористичного акту. Стосовно ОКІ збір інформації відбувається за такою схемою. Це вивчення чотирьох основних напрямків, пов'язаних з об'єктом, а саме: організаційно-правове, техніко-кліматичне, соціально-історичне і соціально-економічне.

Перша група організаційно-правових чинників обумовлена низкою положень. Перше – хто приймає рішення про будівництво об'єкта. Друге – хто проектував об'єкт, причому точно хто, правова організація, друге – особистість, тому що кожен міст або шляхопровід має не тільки своє власне ім'я, а й ім'я автора, який його проектував, хто робив генеральний план будівництва і головне хто будував. Хто реалізовував і хто купував бетон і метал. Хто брав участь у супроводі цього наукового проекту. Будівництво – це окреме питання, який достовірно знає тільки генеральний будівельник і генеральний підрядник. Тільки йому відомі всі тонкощі будівництва і відповідно конструктивні недоліки, які проявляються під час експлуатації. А особливу думку при цьому має голова державної комісії, який приймає об'єкт. Тут відбувалося таїнство погоджень всіх технічних вимог, інтересів держави і тих, що беруть участь у будівництві. Тут може бути приховане одне з найбільш вразливих місць об'єкта.

Далі постає питання, хто вводив об'єкт в експлуатацію. Хто почав його експлуатацію, хто забезпечував першу експлуатацію і безпеку. Зрозуміло, що потім це стало повсякденним і ні у кого не викликало ніяких емоцій. Адже запуск в експлуатацію ОКІ за своїми зусиллями і емоціями дорівнює запуску на орбіту штучного супутника Землі або космонавта.

Далі виникають питання повсякденної діяльності об'єкта. Спершу кому він належить, хто відповідає за його повсякденну експлуатацію, ремонт, обслуговування. Хто його охороняє і яким чином. Хто і яким чином забезпечує його технічну надійність і періодичні випробування. Безумовно, це приблизний перелік організаційно-правових чинників. Він може бути розширений і уточнений, в залежності від конкретного об'єкта і специфікації регіональних і фізико-географічних факторів його розташування.

Друга група техніко-кліматичних факторів. Перед тим як почати проектування об'єкта в обов'язковому порядку вивчається регіональне природне середовище. Ці дослідження

включають дослідження геологічної будови порід, кількість і властивості ґрунтових вод, рослинності, клімату і специфічних природних явищ, які можуть в майбутньому викликати ускладнення в експлуатації або ще гірше – призвести до руйнування об'єкта. На підставі цих досліджень робляться висновки, відповідно з якими формулюється технічне завдання на проектування спорудження. Далі створюється проект конструкції споруди, яка має свою специфіку, притаманну тільки цьому мосту і більше ніякому іншому.

В процесі цієї проектної роботи в обов'язковому порядку проводяться модельні і лабораторні дослідження на стійкість споруди до екстремальних погодних і природних явищ. Вони з одного боку дозволяють удосконалити конструкцію, з іншого – правильно вибрати матеріали для будівництва.

Третю групу соціально-історичних чинників ще називають групою людського фактора. Вона визначається низкою запитань, перше з яких – хто живе біля об'єкта і мимоволі спостерігає за його експлуатацією. Друге питання, хто і як використовує транспорт, під'їжджаючи до нього. Хто використовує особистий автомобіль, хто їде на рейсовому автобусі або маршрутному таксі. Обов'язкові питання про те, як споруда об'єкта змінила життя людей, які історичні події пов'язані з ним, які свята відзначають в зв'язку з цим і інші.

Думка людей, які повсякденно безпосередньо спостерігають за роботою об'єкта і помічають масу нюансів, які часом приховані від посадових осіб, покликаних стежити за надійною роботою і безпекою.

Четверта група соціально-економічних чинників. Вона включає ряд економічних характеристик. Який транспортний потік пов'язаний з об'єктом, йде навколо нього, як він змінюється з плином часу доби (вранці, вдень, ввечері, вночі), по днях тижня (понеділок, вівторок, ..., неділя), сезонно (весна, літо, осінь, зима)? В яких напрямках він йде, який вантажообіг? Який пасажиропотік і в яких напрямках? Хто отримує прибуток, хто несе витрати утримання, хто постраждає в разі руйнування об'єкта? Хто буде його відновлювати?

Відзначимо ще раз – це приблизний перелік питань, які досліджуються під час другого етапу, який прийнято називати вивченням об'єкта потенційного терористичного акту. Крім цього, вивчення об'єкта триває на всіх етапах підготовки і проведення терористичного акту, а також після його виконання. Зауважимо, що якщо об'єкт потрапив до переліку об'єктів, що вивчаються розвідувальними, диверсійно-розвідувальними або диверсійними структурами іншої держави, то вивчення його проводиться за своїми національними алгоритмами. Вивчення цього об'єкта буде проводитися постійно, а інтенсивність цього вивчення буде залежати від специфічних факторів, які не розглядаються в цій роботі.

Завершивши збір інформації, яка може здійснюватися організаціями і людьми, що не мають жодного відношення до планованого терористичного акту, починається третій етап – виявлення вразливих місць об'єкта.

Вразливим місцем ОКІ можуть бути різноманітні властивості об'єкта з розглянутих вище чотирьох груп факторів. Наприклад, постійна суперечка між профільним міністерством та регіоном, кому він належить і відповідно хто платить за його охорону структурам МВС України. До вразливих місць також відносяться недоліки конструкції, наприклад, він проектувався і будовався для систематичних умов, що забезпечують його експлуатацію при землетрусі до 5 балів, а за новими вимогами повинен витримувати землетрус силою до 7 балів. Або при ремонті під'їзних шляхів (мостів і шляхопроводів) армування було зроблене з низьких (більш дешевих, тонких) арматур, а для бетонування використовувався цемент меншого номера (400 замість 700).

Безумовно, поділ другого і третього етапу терористичного акту є умовним. Вивчення об'єкта і виявлення його вразливих місць відбувається практично паралельно. Сукупність виявлених вразливих місць об'єкта дозволяє перейти до четвертого етапу, який робить особисто керівник. Це формування задуму терористичного акту. Тобто визначення того, що (пожежа, вибух, зіткнення), де (на якій ділянці), коли (час доби, дата, сезон) і яким чином має відбутися. Це перше. Друге, що для цього треба, наприклад, десять смертників і тонна вибухівки, або сто мільйонів фунтів стерлінгів та інше. Задум і його забезпечення керівник

терористичного акту доповідає замовнику. Тут можливі два варіанти. Перший – схвалення, тоді керівник, отримавши необхідне, приступає до п'ятого етапу. Другий – задум не схвалений. У цьому випадку керівник продовжує вивчати об'єкт і придумує інший задум, відповідно до побажання замовника. Зауважимо, що в розвідувальних структурах деяких держав є спеціальні аналітичні групи, які постійно розробляють подібні задуми і зберігають їх. Через деякий час, коли змінюється обстановка ці задуми проглядаються і переробляються.

П'ятий етап – планування терористичного акту. На цьому етапі керівник залучає вузькопрофільних фахівців, наприклад: мостовиків, транспортників, радіоелектроніків, програмістів, та інших фахівців з різних областей на свій розсуд. Планом повинно бути чітко визначено, хто буде виконавцями. Він буде один або їх буде кілька. Хто їх буде забезпечувати. Як вони доберуться до об'єкта. Як вони будуть здійснювати задумане. Як вони будуть виконувати відхід, і в подальшому будуть ховатися. Від того наскільки скрупульозно і точно буде розроблений план залежить успішність проведеного терористичного акту. Про це свідчать останні терористичні акти, які здійснювалися в місцях масового скупчення людей в Манчестері (Великобританія) і Єрусалимі (Ізраїль). З урахуванням специфіки розглянутого об'єкта виконавцями можуть бути або фахівці в будівництві, або конструюванні чи експлуатації об'єкта, або люди, які проживають чи раніше проживали в районі об'єкта планованого акту і знають всю (або майже всю) місцеву специфіку. У кожному плані, безумовно, є своя особливість, але в цілому кожен план відображає наступні етапи терористичного акту.

Шостий етап – це впровадження виконавців і доопрацювання плану. Під впровадженням слід розуміти плановий, звичайний повсякденний процес розміщення виконавців в безпосередній близькості з об'єктом, де вони мають потенційну можливість в будь-який момент опинитися поруч з ним або в зоні його досяжності. Це може бути офіційне їх влаштування на роботу в державні установи і організації, приватні фірми і підприємства, створення нових приватних структур або громадських формувань. Все це виглядає цілком сприятливо. Робота цих людей, як правило, буде добросовісною. Вони будуть вести добropорядний спосіб життя і, якщо будуть виділятися на загальному соціальному тлі, то тільки в кращу сторону. Подібне впровадження може розглядати не один, а відразу кілька об'єктів. Тут так само може здійснюватися шантаж посадових осіб.

Крім вивчення об'єкта або об'єктів відбувається вивчення соціального фону. Люди, які проживають поряд з об'єктом, посадові особи, відповідальні за його експлуатацію і безпеку, керівники середньої ланки і рядові співробітники, які безпосередньо впроваджують у життя вказівки і розпорядження старших начальників, хто пунктуально ставиться до своїх обов'язків і скрупульозно все виконує. Комуś немає значення, головне більше заробити. Деяким необхідно, щоб все було добре протягом нетривалого проміжку часу, поки їх не призначать на більш високу посаду. Знаючи ці та безліч інших особливостей можна впливати на весь технологічний (експлуатаційний) процес досліджуваного об'єкта, з урахуванням цих особливостей остаточно коригується план – сценарій майбутнього терористичного акту.

Сьомий етап – формування стійкої ударної сили. Як правило, це основне ударне ядро виконавців, це люди, які мають спеціальну підготовку і мають бойовий досвід, люди, що побували в гарячих точках або вже брали участь у скоєнні інших терористичних актів. Ці люди можуть знати один одного і мати досвід спільної роботи. Вони можуть і не знати один одного. Тому мета формування стійкої ударної сили – це звести їх у групу і відпрацювати їх навички роботи в команді.

Ударна сила може перебувати за тисячі кілометрів від об'єкта терористичного акту, де в спеціально обладнаному місці проводить тренування і готується до виконання акції. По черзі, в складі двійок або трійок вони можуть відвідувати об'єкт теракта для знайомства з обстановкою і уточненням.

Восьмий етап – зосередження ударних сил і засобів. Сили – це люди, які будуть виконувати теракт, у взаємодії з групами забезпечення, які живуть поруч з об'єктом і керівником, що організовує і керує всіма. Засоби – це вибухова речовина, що забезпечує вибух

і руйнування об'єкта, зброя і боєприпаси, за допомогою яких вони будуть проникати на об'єкт; технічні засоби телекомунікації і зв'язку, за допомогою яких вони будуть спілкуватися – віддавати розпорядження і отримувати доповіді, засоби нічного бачення, радіоелектронної боротьби і багато іншого, передбаченого планом. Все це різними шляхами прибуває в райони і місця, розташовані безпосередньо близько до об'єкта терористичного акту.

Дев'ятий етап – безпосередня підготовка до терористичного акту, коли всі виконавці займають вихідні позиції.

Десятий етап – виконання терористичного акту.

Таким чином, узагальнений сценарій підготовки та проведення терористичного акту на об'єкті критичної інфраструктури складається з десяти етапів: формування мети терористичного акту, вивчення об'єкта терористичного акту, виявлення його вразливих місць, формування задуму, планування терористичного акту, впровадження на об'єкт і доопрацювання плану, формування стійкої ударної сили, зосередження ударних сил і засобів, безпосередня підготовка до терористичного акту і його виконання. Для перших п'яти етапів характерна особлива (підвищена) скритність, тому вони можуть виявлятися тільки оперативно-розшуковою діяльністю. Для наступних п'яти етапів крім скритності характерна відкрита ворожість і швидкоплинність.

### **Структурно-логічна модель управління безпекою об'єкта критичної інфраструктури України, що охороняється, від терористичних загроз наземного і повітряного проникнення на об'єкт, що охороняється**

Виходячи з розглянутих вище завдань системи фізичного захисту щодо забезпечення безпеки об'єкта критичної інфраструктури України, що охороняється від терористичних загроз, видів ударного впливу і виведення з ладу об'єктів критичної інфраструктури і узагальненого сценарію підготовки та проведення терористичного акту, розроблена ця модель. Це структурно-логічна модель управління безпекою об'єкта критичної інфраструктури України, що охороняється, від терористичних загроз наземного і повітряного проникнення на об'єкт, що охороняється. Її схема представлена на рисунку 2.

Під час розробки схеми структурно-логічної моделі враховувалося, що головна мета управління безпекою ОКІ, що охороняється, – це недопущення теракту на цьому об'єкті. Так само враховувався досвід управлінням НС в інших областях [11-25].

Об'єкт управління моделі – об'єкт критичної інфраструктури України що охороняється системою фізичного захисту, яка пронизує всю його життєдіяльність.



**Рисунок 2** – Структурно-логічна модель управління безпекою об'єкта критичної інфраструктури України, що охороняється

Система фізичного захисту об'єкта критичної інфраструктури України, що охороняється, складається із сукупності систем спеціального призначення. Це організаційно-технічні системи (допуску на об'єкт, контролю режиму, управління доступом в спеціальні приміщення), радіоелектронні системи спостереження (оптоелектронні, радіолокаційні, акустоелектронні) та ін. СФЗ. Перші системи реалізують комплекс режимних заходів. Це контроль пропускну режиму під час прибуття на об'єкт і виходу з нього співробітників, контрагентів, керівників та інших відвідувачів. Це перевірка порядку в'їзду на об'єкт і виїзду з нього транспортних засобів. Це порядок доставки та вивезення вантажів з об'єкта. Це кадровий контроль за співробітниками при прийомі їх на роботу, просуванні по службі, періодичній перевірці, пов'язаній з оформленням спеціальних допусків. Це оперативна робота в містах-супутниках об'єкта управління, вивчення публікацій, телерепортажів, інтернет-інформації, пов'язаних з об'єктом управління, отримання конфіденційних відомостей від вищих державних структур (СБУ, МВС, профільне міністерство) [26, 27].

Радіоелектронні системи спостереження здійснюють спостереження за периметром об'єкта та прилеглої до нього санітарної зони. Вони призначені для виявлення людей, різних транспортних засобів, їх ідентифікації і визначення характеру переміщення (руху). Іншими словами, кожному виду режимного заходу, спрямованого на забезпечення безпеки об'єкта, відповідає цілком певна організаційно-технічна структура, яка є первинним елементом системи моніторингу (збору інформації).

Перший блок структурно-логічної моделі – це блок збору і систематизації повсякденної інформації про безпеку об'єкта. Цей блок системи управління призначений для постійного збору інформації про повсякденні фактори, які супроводжують функціонування об'єкта управління і працюючих на ньому співробітників. Відповідно до нормативної термінології робота цього блоку є моніторингом ситуації на об'єкті управління і навколо нього. Постійна систематизація перерахованих факторів дозволяє виявити серед них негативний фактор або виявити ознаки його можливої появи [28, 29].

Другий блок – блок виявлення екстремального фактора. Фактично – це виявлення ризику виникнення надзвичайної ситуації. Виявлення ризику здійснюється скрупульозним систематизуванням даних про стан об'єкта управління від усіх можливих, навіть випадкових, джерел інформації. Ознаками ризику виникнення терористичної загрози можуть бути різні факти з повсякденних подій, виявлення яких залежить від професіоналізму відповідних посадових виконавців. Наприклад, нещасний випадок з начальником варті позавідомчої охорони сприяє кар'єрному росту одного з його підлеглих, який з кадрових міркувань взагалі не розглядався на висування. Або інший приклад, падіння дерева в лісосмузі, яка належить до санітарної зони об'єкта, вимагає огляду цього місця порядком. Повторне падіння іншого дерева вимагає детального розбору і осмислення – які характеристики системи фізичного захисту об'єкта при цьому розкриваються. Виявлення зрубів на стовбурі буде свідчити про те, що його падіння було викликано цілком умисними діями [30, 31].

Третій блок структурно-логічної моделі – блок прогнозу і моделювання ситуації. Тут виробляється прогноз і моделювання можливих сценаріїв розвитку надзвичайної ситуації. Наприклад, у вищеописаному випадку падіння дерев, яке відбувалося в результаті вирубки (планової, затвердженої лісгоспом або несанкціонованої) сталася перевірка робочого часу наряду, який оглядає місце падіння. Тут можливі кілька варіантів розвитку подій. Перший – створюється напружена обстановка у периметрі, керівництво нервує і затримує вивезення радіоактивних відходів або навпаки, відкладає своєчасну доставку ядерного палива. Другий варіант – відволікається увага діями на кордоні санітарної зони, а в цей час відбувається інцидент на транспортному пропусковому пункті, і зловмисники таємно проникають на об'єкт. Третій – падіння дерева використовується для стрільби з гранатометів по периметру, порушення його цілісності і прориву виконавців теракту на об'єкт. Наведені приклади показують, що аналіз покликаний визначити ряд можливих сценаріїв, найкращий (перший) і найгірший (третій). Між цими крайніми варіантами можливий найрізноманітніший розвиток подій. Як правило, крім крайніх варіантів моделюється не менше двох – трьох проміжних сценаріїв. Це проводиться з

урахуванням пори року (зима, літо і інше), гідрометеоумов (опади, вітер і інше), часу доби та інших факторів, і робиться це зазвичай задовго до фактичного виникнення надзвичайної ситуації. Наявність в банку даних опрацьованих, тобто заздалегідь оброблених сценаріїв полегшує функціонування наступного блоку. порушення його цілісності і прориву виконавців теракту на об'єкт.

Наведені приклади показують, що аналіз покликаний визначити ряд можливих сценаріїв, найкращий (перший) і найгірший (третій). Між цими крайніми варіантами можливий найрізноманітніший розвиток подій. Як правило, крім крайніх варіантів моделюється не менше двох – трьох проміжних сценаріїв. Це проводиться з урахуванням пори року (зима, літо і інше), гідрометеоумов (опади, вітер і інше), часу доби та інших факторів, і робиться це зазвичай задовго до фактичного виникнення надзвичайної ситуації. Наявність в банку даних опрацьованих, тобто заздалегідь оброблених сценаріїв полегшує функціонування наступного блоку. порушення його цілісності і прориву виконавців теракту на об'єкт.

Для радіоелектронних засобів спостереження проводиться розрахунок діяльностей виявлення різних цілей в різних гідрометеорологічних умовах і умовах обстановки з перешкодами. Наявність подібних превентивних розрахунків дозволяє в найкоротші терміни оцінити обстановку і зробити висновок про найбільш ймовірні сценарії розвитку подій [32–34].

Четвертий блок структурно-логічної моделі управління – блок підготовки варіантів управлінських рішень. Управлінські рішення розробляють виходячи з наявних сил і засобів, а також фактичної обстановки. Іноді розвиток форс-мажорних обставин такий, що ніхто не в силах допомогти (третій з вищеописаних сценаріїв). Для цих випадків повинні розроблятися і пропонуватися варіанти профілактичних рішень, які спрямовані на те, щоб надалі подібні катастрофічні події виключалися. Наприклад, проводити профілактичний огляд підходів до санітарної зони, конкретизувати оперативну роботу на виявлення негативно налаштованих осіб (прихильників Грінпіс та інших громадських організацій), завчасно перейти на посилений варіант охорони об'єкта і залучити сили і засоби від взаємодіючих підрозділів [35–37].

П'ятий блок структурно-логічної моделі управління безпекою – це прийняття керівного рішення і доведення його виконавцям. Це ключовий етап управління терористичною загрозою. Необхідно відзначити, що управлінські рішення можуть доводитися не тільки усно за допомогою зв'язку, а й письмово у вигляді наказів, а також інструкцій, правил, настанов. Вони так само можуть доводитися у вигляді оперативних та інших планів [38–40].

Шостий блок структурно-логічної моделі управління безпекою об'єкта, що охороняється, критичної інфраструктури України – це вплив на ситуацію, який здійснюють призначені виконавці. Впливаючи на об'єкт управління, вони замикають контур управління, чим забезпечується безперервний процес управління [41–43].

Таким чином, структурно-логічна модель управління безпекою об'єкта критичної інфраструктури України, що охороняється, складається з шести блоків: блок збору і систематизації повсякденної інформації про безпеку об'єкта, виявлення екстремального фактора, прогнозу і моделювання ситуації, підготовки варіантів управлінських рішень, прийняття рішення і доведення його виконавцям, вплив на ситуацію, яка через структуру виконавців впливає на об'єкт і замикають контур управління, забезпечуючи безперервний процес управління безпекою об'єкта, що охороняється, недопущення і запобігання терористичних загроз.

## **Висновки**

Досліджені системи фізичного захисту щодо забезпечення безпеки об'єкта критичної інфраструктури України, що охороняється, від терористичних загроз, види ударної дії і виведення з ладу об'єктів критичної інфраструктури України та узагальнений сценарій підготовки та проведення терористичного акту на об'єкті критичної інфраструктури. На основі узагальненого сценарію підготовки й проведення терористичного акту на об'єкті критичної інфраструктури та завдання систем фізичного захисту щодо забезпечення безпеки об'єкта критичної інфраструктури України, що охороняється, яке полягає в завчасному виявленні

замаскованих зловмисників і їх технічних засобів різного призначення, що перебувають на землі і в повітрі, розроблено структурно-логічну модель управління безпекою об'єкта критичної інфраструктури України, що охороняється, від терористичного наземного і повітряного проникнення на об'єкт.

Головне завдання системи фізичного захисту щодо забезпечення безпеки об'єкта критичної інфраструктури України, що охороняється, від терористичних загроз полягає в своєчасному виявленні замаскованих зловмисників і їх технічних засобів різного призначення, що перебувають на землі і в повітрі.

Ударна дія на ОКІ може бути чотирьох видів: вогнева з використанням артилерії і мінометів, бомбова (скиданням бомб з літальних апаратів), ракетна (пуск крилатих ракет і застосування керованої ракетної зброї), саперна або мінна (закладання або доставка вибухового заряду до місця підриву). Оцінка ударної дії в одиницях тротилового еквівалента дозволяє чисельно оцінити уразливість елементів конструкції периметра і самого об'єкта, що охороняється, та прогнозувати можливі сценарії терористичних актів проти нього.

Узагальнений сценарій підготовки та проведення терористичного акту на ОКІ складається з десяти етапів: формування мети терористичного акту, вивчення об'єкта терористичного акту, виявлення його вразливих місць, формування задуму. Планування терористичного акту, впровадження на об'єкт і доопрацювання плану, формування стійкої ударної сили, зосередження ударних сил і засобів, безпосередня підготовка до терористичного акту і його виконання. Для перших п'яти етапів характерна особлива (підвищена) скритність, тому вони можуть виявлятися тільки оперативно – розшукової (розвідувальної) діяльністю. Для наступних п'яти етапів крім скритності характерна відкрита ворожість і швидкоплинність.

Структурно-логічна модель управління безпекою об'єкту критичної інфраструктури України, що охороняється, складається з шести блоків: блок збору і систематизації повсякденної інформації про безпеку об'єкта, виявлення екстремального фактора, прогнозу і моделювання ситуації, підготовки варіантів управлінських рішень, прийняття рішення і доведення його виконавцям, вплив на ситуацію, яка через структуру виконавців впливає на об'єкт і замикають контур управління, забезпечуючи безперервний процес управління безпекою об'єкту, що охороняється, недопущення і запобігання терористичних загроз.

### Список використаних джерел

1. Орлов А.И. Задачи оптимизации и нечеткие переменные. – М.: Знание, 1980. – 64 с.
2. Вошинин А. П. Построение аналитических моделей по данным вычислительного эксперимента в задачах анализа чувствительности и оценки экономических рисков / А. П. Вошинин, П. В. Бронз / Заводская лаборатория. 2007. Т. 73, №1. С. 101–104.
3. Дивизинюк М. М. Оптимизация защиты телеметрической информации, циркулирующей в контурах управления критически важного объекта / Е. В. Азаренко, Ю. Ю. Гончаренко, М. М. Дивизинюк, Н. В. Коноваленко, А. С. Рыжкин // Науковий вісник Академії муніципального управління. Серія “Техніка”. Київ: Академія муніципального управління, 2016. Вип. 1–2 (11). С. 24–32.
4. Лінчевський Є.А. Структурно–логічна модель ударної дії і виведення з ладу ключового об'єкту транспортних комунікацій критичної інфраструктури / Н.А Бородина, Є.А. Лінчевський // Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. Київ: ДУ “ІГНС НАН України”, 2017. Вип. 3(9). С. 36–39. Інв. № 59.
5. Лінчевський Є. А. Методика прогнозування сил для ліквідації надзвичайних ситуацій в умовах руйнування будинків та споруд / Науковий вісник будівництва ХНУБА, 2013. Вип. №71 С. 544–548.
6. Лінчевський Є. А. Вплив фактора часу на управління силами і засобами під час оперативних дій на пожежах / Науковий вісник УкрНДПБ.К.: УкрНДПБ, 2012. № 2 (26) С. 92–94.
7. Лінчевський Є. А. Реєстрація позаштатних ситуацій з особами, які перебувають в контрольованій зоні біля об'єкта критичної інфраструктури, що охороняється, з метою запобігання надзвичайним ситуаціям терористичного характеру / О. В. Азаренко, Н. А.

Бородіна, Є. А. Лінчевський // Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. Київ: ДУ "ІГНС НАН України", 2017. Вип. 2(8). С. 20–27. Інв. № 58.

8. Лінчевський Є. А. Визначення штатного стану ситуаційного фону осіб, які перебувають в контрольованій зоні біля об'єкта критичної інфраструктури, що охороняється, з метою запобігання надзвичайним ситуаціям терористичного характеру / О. В. Азаренко, Н. А. Бородіна, Є. А. Лінчевський // Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. Київ: ДУ "ІГНС НАН України", 2017. Вип. 1(7). С. 70–77. Інв. № 57.

9. Лінчевський Є. А. Оптимальне приведення стану ситуаційного фону осіб, які перебувають в контрольованій зоні біля об'єкта, що охороняється, в штатний стан з метою запобігання надзвичайним ситуаціям терористичного характеру / О. В. Азаренко, Н. А. Бородіна, Є. А. Лінчевський // Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. Київ: ДУ "ІГНС НАН України", 2017. Вип. 3(9). С. 17–22. Інв. № 59.

10. О. М. Нуянзін, С. В. Поздєєв, М. А. Кришталь, В. В. Ніжник, Є. А. Лінчевський, В. М. Гвоздь, Є. О. Тищенко, О. В. Кириченко, О. В. Некора, Т. В. Самчеко, Д. О. Кришталь, О. С. Алексеева, Г. І. Єлагін, О. С. Діброва. Оцінка класу вогнестійкості будівельних конструкцій кабельних тунелів.

11. Дивизинюк М. М. Оценка возможности боевых кораблей в минимизации последствий чрезвычайных ситуаций, вызванных нефтяными загрязнениями / М. М. Дивизинюк, Е. В. Азаренко, О. В. Козловская и др. // Сб. науч. тр. СНИЭИП. Вып. 2. Инв. №ОТ–762. Севастополь: СНИЭИП, 2005. С. 4–8.

12. Лінчевський Є. А. Формалізована оцінка ризику виникнення пожеж на стадіонах, задіяних у проведенні чемпіонату Європи 2012 року з футболу / Р. В. Климась, Є. А. Лінчевський, О. П. Якименко / Науковий вісник УкрНДПБ.К.: УкрНДПБ, 2012. № 2 (26) С.111–119.

13. Дивизинюк М. М. Мониторинг ледовой обстановки в проливных зонах как средство предотвращения чрезвычайных ситуаций / М. М. Дивизинюк, О. В. Бляшенко, Ю. И. Загородный и др. // Сб. науч. тр. СИЭИП. Севастополь: СИЭИП, 2003. № 8. С. 185–189.

14. Азаренко Е. В. Предотвращение чрезвычайных ситуаций с водными транспортными средствами в период ледохода / М. М. Дивизинюк, Е. В. Азаренко, О. В. Бляшенко и др. // Строительство и техника безопасности. Симферополь: КАПКС, 2003. № 8. С. 114–118.

15. Азаренко Е. В. Современные концепции природных и техногенных катастроф на примере Крыма / М. М. Дивизинюк, Е. В. Азаренко, Л. В. Третьякова и др. // Научный вестник. Севастополь: СНИЭИП, 2004. № 7. С. 85–96.

16. Дивизинюк М. М. Определение условий совершения террористического акта на потенциально-опасном объекте (на примере предприятий ЯТЦ) / М. М. Дивизинюк, В. Н. Григорьева // Сб. науч. тр. СНУЭИП. Вып. 4. Инв. № ОТ–767. Севастополь: СНУЭИП, 2006. – С. 34–38.

17. Лінчевський Е. А. Оценка эффективности управления чрезвычайной ситуацией террористического характера на объекте критической инфраструктуры / Е. В. Азаренко, Ю. Ю. Гончаренко, Е. А. Лінчевський и др. // Хімічна і радіаційна безпека: проблеми і рішення: матеріали П'ятої міжнар. наук.-практ. конф. Збірник праць та повідомлень. Київ, 2017. С. 58.

18. Дивизинюк М. М. Определение характера наиболее вероятного сценария террористического акта в отношении исследовательского реактора ИР–100 / М. М. Дивизинюк, В. Н. Григорьева // Сб. науч. тр. СНУЭИП. Вып. 5. Инв. № ОТ–776. Севастополь: СНУЭИП, 2006. С. 10–15.

19. Азаренко Е. В. Обобщенные подходы к моделированию чрезвычайных ситуаций техногенного характера с радиоактивным загрязнением местности / М. М. Дивизинюк, Е. В. Азаренко, В. Н. Григорьева и др. // Сб. науч. тр. СНУЭИП. Вып. 3(27). Севастополь, СНУЭИП, 2008. С. 207–214.

20. Дивизинюк М. М. Место и основные функции поисковых ГИС в архитектуре космического мониторинга источников чрезвычайных ситуаций / М. М. Дивизинюк, Г. М.

- Коротенко // Сб. науч. тр. СКУЯЭиП. Вып. 11. Инв. № ОТ–787. Севастополь: СКУЯЭиП, 2009. С. 50–63.
21. Дивизинюк М. М. Модель управления чрезвычайной ситуацией / М. М. Дивизинюк, Г. М. Коротенко, Г. А. Черненькая и др. // Сб. науч. тр. СКУЯЭиП. Вып. 4(32). Севастополь: СКУЯЭиП, 2009. С. 204–208.
22. Гончаренко Ю. Ю. Структура модели управления чрезвычайной ситуацией по уровням и этапам при нахождении боевого корабля в территориальных водах и морских полигонах Украины / Е. В. Азаренко, Ю. Ю. Гончаренко, М. М. Дивизинюк. // Збірник наукових праць СКУЯЭиП. Севастополь: СКУЯЭиП, 2012. Вып. 25. Инв. № 840. С. 5–14.
23. Дивизинюк М. М. Разработка структурного элемента подсистемы мониторинга экологических чрезвычайных ситуаций в прибрежных водах / М. М. Дивизинюк, М. И. Ожиганова, И. П. Шумейко // Сб. науч. тр. СКУЯЭиП. Вып. 3 (35). Севастополь: СКУЯЭиП, 2010. С. 220–224.
24. Азаренко Е. В. Экологический паспорт как средство предотвращения чрезвычайных ситуаций / М. М. Дивизинюк, Е. В. Азаренко, М. А. Косовская, В. А. Назаренко // Збірник наукових праць СКУЯЭиП. Севастополь: СКУЯЭиП, 2011. Вып. 4 (40). С. 215–220.
25. Азаренко Е. В. Особенности моделирования чрезвычайных ситуаций, вызванных распространением антропогенных загрязнений / М. М. Дивизинюк, Е. В. Азаренко, А. Н. Фурсенко // Збірник наукових праць СКУЯЭиП. Севастополь: СКУЯЭиП, 2012. Вып. 1 (41). С. 201–207.
26. Гончаренко Ю. Ю. Двухкомпонентная модель развития чрезвычайной ситуации террористического характера и определение качественных показателей ее ликвидации / Е. В. Азаренко, Ю. Ю. Гончаренко, М. М. Дивизинюк. // Збірник наукових праць СКУЯЭиП. Севастополь: СКУЯЭиП, 2010. Вып. 17. Инв. № 820. С. 5–28.
27. Азаренко Е. В. Основные требования к системе поддержки принятия решений по предотвращению чрезвычайных ситуаций в прибрежных водах / Ю. Ю. Гончаренко, Е. В. Азаренко, А. Н. Фурсенко и др. // Сб. науч. тр. СКУЯЭиП. Вып. 2 (34). Севастополь: СКУЯЭиП, 2010. С. 216–220.
28. Гончаренко Ю. Ю. Влияние искусственных препятствий нефтяному разливу на развитие чрезвычайных ситуаций / Ю. Ю. Гончаренко, Ю. В. Браславский, Н. Г. Хамин и др. // Сб. науч. тр. СКУЯЭиП. Вып. 3 (35). Севастополь: СКУЯЭиП, 2010. С. 75–79.
29. Гончаренко Ю. Ю. Структурная схема основного элемента системы предотвращения экологических чрезвычайных ситуаций / Ю. Ю. Гончаренко, Е. В. Азаренко, М. А. Маслова и др. // Сб. науч. тр. СКУЯЭиП. Вып. 1 (37). Севастополь: СКУЯЭиП, 2011. С. 214–219.
30. Гончаренко Ю. Ю. Структура модели управления чрезвычайной ситуацией по уровням и этапам при на охраняемых предприятиях Украины / Ю. Ю. Гончаренко. // Збірник наукових праць СКУЯЭиП. Севастополь: СКУЯЭиП, 2011. Вып. 19. Инв. № 822. С. 10–19.
31. Гончаренко Ю. Ю. Структурно-логическая модель развития чрезвычайной ситуации, вызванной разливом нефти / Ю. Ю. Гончаренко, Ю. В. Браславский, В. Н. Григорьева // Сб. науч. тр. СКУЯЭиП. Вып. 4 (36). Севастополь: СКУЯЭиП, 2010. С. 222–227.
32. Гончаренко Ю. Ю. Оценка эффективности управления чрезвычайной ситуацией / Ю. Ю. Гончаренко, Е. В. Азаренко, Ю. В. Браславский и др. // Сб. науч. тр. СКУЯЭиП. Вып. 2 (38). Севастополь: СКУЯЭиП, 2011. С. 239–245.
33. Лінчевський Є. А. Підходи до вирішення теоретичної задачі ідентифікації радіоелектронних цілей з метою запобігання надзвичайним ситуаціям терористичного характеру / О. В. Азаренко, Н. А. Бородіна, Є. А. Лінчевський // Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. Київ: ДУ “ІГНС НАН України”, 2017. Вып. 1(7). С. 42–47. Инв. № 57.
34. Лінчевський Є. А. Шляхи технічного вирішення проблеми виділення корисного сигналу на фоні стаціонарних перешкод / О. В. Азаренко, Н. А. Бородіна, Ю. Ю. Гончаренко, М. М. Дівізінюк, Н. В. Касаткіна, С. В. Лазаренко // Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. Київ: ДУ “ІГНС НАН України”, 2017. Вып. 3(9). С. 23–36. Инв. № 59.

35. Гончаренко Ю. Ю. Геоинформационная система акваторий Севастополя как средство управления чрезвычайной ситуацией / Ю. Ю. Гончаренко, Е. В. Азаренко, Л. В. Третьякова и др. // Збірник наукових праць СХУЯЕтаП. Севастополь: СХУЯЕтаП, 2011. Вип. 3 (39). С. 146–153.

36. Лінчевський Є. А. Математична модель радіоелектронного виявлення та ідентифікації людей та інших небезпечних цілей на підходах до об'єктів критичної інфраструктури в складних гідрометеорологічних умовах і наявності стаціонарних маскуючих перешкод / О. В. Азаренко, Н. А. Бородіна, Є. А. Лінчевський // Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. Київ: ДУ "ІГНС НАН України", 2017. Вип. 4(10). С. 4–10. Інв. № 60.

37. Лінчевський Є. А. Нормативне обґрунтування змін до критеріїв, за якими оцінюється ступінь ризику від впровадження господарської діяльності у сфері техногенної та пожежної безпеки / Р. В. Климась, Є. А. Лінчевський, О. М. Чекрыгін, О. П. Тищенко // Надзвичайні ситуації: безпека та захист: матеріали VIII Всеукр. наук.-практ. конф. Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2018. С. 38–39.

38. Лінчевський Є. А. Керуючий алгоритм інженерно-технічного методу захисту військ і населення від вражаючих факторів надзвичайних ситуацій, викликаних забрудненням атмосфери радіоактивними і отруйними речовинами на відкритій місцевості / М. М. Дівізінюк, О. М. Мирошник, Є. А. Лінчевський // Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. Київ: ДУ "ІГНС НАН України", 2017. Вип. 1(7). С. 36–41. Інв. № 57.

39. Гончаренко Ю. Ю. Проблема управления экологической безопасностью прибрежных вод и пути ее решения / Ю. Ю. Гончаренко, Е. В. Азаренко, М. М. Дивизинюк // Збірник наукових праць "Системи обробки інформації". Харків: Харківський університет повітряних сил імені Івана Кожедуба, 2012. Вип. 2 (100). – С. 271–275.

40. Лінчевський Є. А. Феноменологічне моделювання процесу зменшення горючості карбамідоформальдегідних пінопластів / Є. А. Лінчевський С. В. Жартовський, О. В. Новіков, В. В. Ніжнік / Науковий вісник УкрНДПБ. К.: УкрНДПБ, 2015. № 1 (31) С.93–98.

41. Лінчевський Є. А. Інженерно-технічний метод захисту військ і населення від вражаючих факторів надзвичайних ситуацій, викликаних забрудненням атмосфери радіоактивними і отруйними речовинами на відкритій місцевості та опис процедур його застосування / Н. А. Бородіна, М. М. Дівізінюк, О. М. Мирошник, Є. А. Лінчевський // Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. Київ: ДУ "ІГНС НАН України", 2017. Вип. 3(9). С. 36–39. Інв. № 59.

42. Лінчевський Є. А. Керуючий алгоритм інформаційно-технічного методу запобігання надзвичайним ситуаціям терористичного характеру з використанням баз даних фотографічних образів людей, отриманих від відеосистем зовнішнього спостереження / Н. А. Бородіна, Ю. Ю. Гончаренко, Є. А. Лінчевський // Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. Київ: ДУ "ІГНС НАН України", 2017. - Вип. 4(10). С. 35–49. Інв. № 60.

### References

1. Orlov A.I. Zadachi optymizatsii i nechetki pereminni. – M.: Znanie, 1980. – 64 s.
2. Voshchynin A.P. Postroenie analitychnykh modelei za danymy vychyslytelnoho eksperimentu v zadachakh analizu chutlyvosti i otsinky ekonomichnykh ryzyk / A.P. Voshchynin, P.V. Bronz // Zavodska laboratorii. – 2007. – T. 73, № 1. – S. 101–104.
3. Dyviziuniuk M.M. Optymizatsiia zakhystu telemetrychnoi informatsii, tsyrkuliruiuchoi v konturakh upravlinnia krytychno vazhlyvoho ob'iektu / E.V. Azarenko, Yu.Yu. Honcharenko, M.M. Dyviziuniuk, N.V. Konovalenko, A.S. Ryzhkyn // Naukovyi visnyk Akademii munitsypalnoho upravlinnia. Serii "Tekhnika". – Kyiv: Akademiia munitsypalnoho upravlinnia, 2016. – Vyp. 1–2 (11). – S. 24–32.
4. Linchevskiy Ye.A. Strukturno-lohichna model' udarnoi dii i vyvedennia z ladu kliuchovoho ob'iektu transportnykh komunikatsii krytychnoi infrastruktury / N.A. Borodyna, Ye.A. Linchevskiy

// Zbirnyk naukovykh prats Instytutu heokhimii navkolyshnioho seredovyshcha. – Kyiv: DU “IHNS NAN Ukrainy”, 2017. – Vyp. 3(9). – S. 36–39. Inv. № 59.

5. Linchevskiy Ye.A. Metodyka prohnouzuvannia syl dlia likvidatsii nadzvychainykh sytuatsii v umovakh ruinuvannia budynkiv ta sporud // Naukovyi visnyk budivnytstva KhNUBA, 2013. – Vyp. 71. – S. 544–548.

6. Linchevskiy Ye.A. Vplyv faktora chasu na upravlinnia sylamy i zasobamy pid chas operatyvnykh dii na pozhezhakh // Naukovyi visnyk UkrNDIPB. – Kyiv: UkrNDIPB, 2012. – № 2 (26). – S. 92–94.

7. Linchevskiy Ye.A. Reiestratsiia pozashtatnykh sytuatsii z osobamy, yaki perebuvaiut' v kontroliovani zoni bilya ob'iekta krytychnoi infrastruktury, shcho okhoroniaietsia, z metoiu zapobihannia nadzvychainym sytuatsiiam terrorystychnoho kharakteru / O.V. Azarenko, N.A. Borodina, Ye.A. Linchevskiy // Zbirnyk naukovykh prats Instytutu heokhimii navkolyshnioho seredovyshcha. – Kyiv: DU “IHNS NAN Ukrainy”, 2017. – Vyp. 2(8). – S. 20–27. – Inv. № 58.

8. Linchevskiy Ye.A. Vyzna4ennia shtatnoho stanu sytuatsiinoho fonu osob, yaki perebuvaiut' v kontroliovani zoni bilya ob'iekta krytychnoi infrastruktury, shcho okhoroniaietsia, z metoiu zapobihannia nadzvychainym sytuatsiiam terrorystychnoho kharakteru / O.V. Azarenko, N.A. Borodina, Ye.A. Linchevskiy // Zbirnyk naukovykh prats Instytutu heokhimii navkolyshnioho seredovyshcha. – Kyiv: DU “IHNS NAN Ukrainy”, 2017. – Vyp. 1(7). – S. 70–77. – Inv. № 57.

9. Linchevskiy Ye.A. Optymalne pryvedennia stanu sytuatsiinoho fonu osob, yaki perebuvaiut' v kontroliovani zoni bilya ob'iekta, shcho okhoroniaietsia, v shtatnyi stan z metoiu zapobihannia nadzvychainym sytuatsiiam terrorystychnoho kharakteru / O.V. Azarenko, N.A. Borodina, Ye.A. Linchevskiy // Zbirnyk naukovykh prats Instytutu heokhimii navkolyshnioho seredovyshcha. – Kyiv: DU “IHNS NAN Ukrainy”, 2017. – Vyp. 3(9). – S. 17–22. – Inv. № 59.

10. Nuyanzin O.M., Pozdzieiev S.V., Kryshal' M.A., Nizhnik V.V., Linchevskiy Ye.A., Hvoz'd' V.M., Tyshchenko Ye.O., Kyrychenko O.V., Nekora O.V., Samcheko T.V., Kryshal' D.O., Aleksieieva O.S., Yelahin H.I., Dibrova O.S. Otsinka klasy vohniestiikosti budivelnykh konstruksii kabelnykh tuneliv.

11. Dyviziuniuk M.M. Otsinka mozhlyvosti boiovykh korabeliv v mynimalizatsii naslidkiv nadzvychainykh sytuatsii, vyzvanykh neftyanymy zabrudnienniamy / M.M. Dyviziuniuk, E.V. Azarenko, O.V. Kozlovskaiia ta in. // Sb. nauch. tr. SNIYeIP. – Vyp. 2. – Inv. № OT-762. – Sevastopol': SNIYaEiP, 2005. – S. 4–8.

12. Linchevskiy Ye.A. Formalizovana otsinka ryzyku vypuknennia pozhezh na stadio2makh, zadiianykh u provedenni chempionatu Yevropy 2012 roku z futbolu / R.V. Klymas', Ye.A. Linchevskiy, O.P. Yakymenko // Naukovyi visnyk UkrNDIPB. – Kyiv: UkrNDIPB, 2012. – № 2 (26). – S. 111–119.

13. Dyviziuniuk M.M. Monitorynh ledovoi obstanovky v prolyvnykh zonakh yak zasib zapobihannia nadzvychainykh sytuatsii / M.M. Dyviziuniuk, O.V. Bliashenko, Yu.I. Zahorodnyi ta in. // Sb. nauch. tr. SIYaEiP. – Sevastopol': SIYaEiP, 2003. – № 8. – S. 185–189.

14. Azarenko E.V. Predotvrashchenie nadzvychainykh sytuatsii z vodnymy transportnymy zasobamy v period ledokhodu / M.M. Dyviziuniuk, E.V. Azarenko, O.V. Bliashenko ta in. // Stroitel'stvo i tekhnika bezpeky. – Simferopol': KAPKS, 2003. – № 8. – S. 114–118.

15. Azarenko E.V. Suchasni kontseptsii pryrodnykh i tekhnogennykh katastrof na prykladi Krymu / M.M. Dyviziuniuk, E.V. Azarenko, L.V. Tretiakova ta in. // Naukovyi vestnyk. – Sevastopol': SNIYaEiP, 2004. – № 7. – S. 85–96.

16. Dyviziuniuk M.M. Otriuennya umov sovershennia terrorystychnoho aktu na potentsiino-nebezpechnomu ob'iekti (na prykladi pidpriemstv IATs) / M.M. Dyviziuniuk, V.N. Hryhoriieva // Sb. nauch. tr. SNUYaEiP. – Vyp. 4. – Inv. № OT-767. – Sevastopol': SNUYaEiP, 2006. – S. 34–38.

17. Linchevskiy Ye.A. Otsinka efektyvnosti upravlinnia nadzvychainoiu sytuatsiieiu terrorystychnoho kharakteru na ob'iekti krytychnoi infrastruktury / E.V. Azarenko, Yu.Yu. Honcharenko, Ye.A. Linchevskiy ta in. // Khimichna i radiatsiina bezpeka: problemy i rishennia: materialy P'jatoi mizhnar. nauk.-prakt. konf. – Zbirnyk prats ta povidomlen'. – Kyiv, 2017. – S. 58.

18. Dyviziuniuk M.M. Vyzna4ennia kharakteru naibilsh pravdopodobnoho stsenariiu terrorystychnoho aktu shchodo doslidnytskoho reaktora IR-100 / M.M. Dyviziuniuk, V.N. Hryhoriieva // Sb. nauch. tr. SNUYaEiP. – Vyp. 5. – Inv. № OT-776. – Sevastopol': SNUYaEiP, 2006. – S. 10–15.

19. Azarenko E.V. Obohcheni pidkhody do modeluvannia nadzvychainykh sytuatsii tekhnogennoho kharakteru z radioaktyvnym zabrudnienniam mestnosti / M.M. Dyviziuniuk, E.V. Azarenko, V.N. Hryhoriieva ta in. // Sb. nauch. tr. SNUYaEiP. – Vyp. 3(27). – Sevastopol': SNUYaEiP, 2008. – S. 207–214.

20. Dyviziuniuk M.M. Mistsia i osnovni funksi poshukovykh HIS v arkhitekturi kosmichnoho monitorynhu dzherel nadzvychainykh sytuatsii / M.M. Dyviziuniuk, H.M. Korotenko // Sb. nauch. tr. SNUYaEiP. – Vyp. 11. – Inv. № OT-787. – Sevastopol': SNUYaEiP, 2009. – S. 50–63.

21. Dyviziuniuk M.M. Model' upravlinnia nadzvychainoiu sytuatsiieiu / M.M. Dyviziuniuk, H.M. Korotenko, H.A. Chernenkaia ta in. // Sb. nauch. tr. SNUYaEiP. – Vyp. 4(32). – Sevastopol': SNUYaEiP, 2009. – S. 204–208.

22. Honcharenko Yu.Yu. Struktura modeli upravlinnia nadzvychainoiu sytuatsiieiu za rivniami i etapamy pry nahodzhenni boiovoho korablia v terytorial'nykh vodakh i mors'kykh polihonakh Ukrainy / E.V. Azarenko, Yu.Yu. Honcharenko, M.M. Dyviziuniuk // Zbirnyk naukovykh prats SNUYaEtaP. – Sevastopol': SNUYaEtaP, 2012. – Vyp. 25. – Inv. № 840. – S. 5–14.

23. Dyviziuniuk M.M. Rozrobka strukturnoho elementa subsystemy monitorynhu ekolohichnykh nadzvychainykh sytuatsii v prybrezhnykh vodakh / M.M. Dyviziuniuk, M.I. Ozhyhanova, I.P. Shumeiko // Sb. nauch. tr. SNUYaEiP. – Vyp. 3 (35). – Sevastopol': SNUYaEiP, 2010. – S. 220–224.

24. Azarenko E.V. Ekolohichniy pasport yak zasib zapobihannia nadzvychainykh sytuatsii / M.M. Dyviziuniuk, E.V. Azarenko, M.A. Kosovskaia, V.A. Nazarenko // Zbirnyk naukovykh prats SNUYaEtaP. – Sevastopol': SNUYaEtaP, 2011. – Vyp. 4 (40). – S. 215–220.

25. Azarenko E.V. Osoblyvosti modeliuвання nadzvychainykh sytuatsii, vyzvanykh rozpovsyudzhenniam antropohennykh zabrudnien' / M.M. Dyviziuniuk, E.V. Azarenko, A.N. Fursenko // Zbirnyk naukovykh prats SNUYaEtaP. – Sevastopol': SNUYaEtaP, 2012. – Vyp. 1 (41). – S. 201–207.

26. Honcharenko Yu.Yu. Dvokhkomponentna model' rozvytku nadzvychainoi sytuatsiieiu terrorystychnoho kharakteru ta vyznachennia yakisnykh pokaznykiv yii likvidatsii / E.V. Azarenko, Yu.Yu. Honcharenko, M.M. Dyviziuniuk // Zbirnyk naukovykh prats SNUYaEtaP. – Sevastopol': SNUYaEtaP, 2010. – Vyp. 17. – Inv. № 820. – S. 5–28.

27. Azarenko E.V. Osnovni vymohy do systemy pidtrymky pryiniattia rishen' z zapobihannia nadzvychainykh sytuatsii v prybrezhnykh vodakh / Yu.Yu. Honcharenko, E.V. Azarenko, A.N. Fursenko ta in. // Sb. nauch. tr. SNUYaEiP. – Vyp. 2 (34). – Sevastopol': SNUYaEiP, 2010. – S. 216–220.

28. Honcharenko Yu.Yu. Vplyv iskusstvennykh perekhod neftyanyu rozlyvamy na rozvytok nadzvychainykh sytuatsii / Yu.Yu. Honcharenko, Yu.V. Braslavskiy, N.H. Khamin ta in. // Sb. nauch. tr. SNUYaEiP. – Vyp. 3 (35). – Sevastopol': SNUYaEiP, 2010. – S. 75–79.

29. Honcharenko Yu.Yu. Strukturna skhema osnovnoho elementa systemy zapobihannia ekolohichnym nadzvychainym sytuatsiiam / Yu.Yu. Honcharenko, E.V. Azarenko, M.A. Maslova ta in. // Sb. nauch. tr. SNUYaEiP. – Vyp. 1 (37). – Sevastopol': SNUYaEiP, 2011. – S. 214–219.

30. Honcharenko Yu.Yu. Struktura modeli upravlinnia nadzvychainoi situatsiieiu na okhoronianykh pidpriemstvakh Ukrainy / Yu.Yu. Honcharenko // Zbirnyk naukovykh prats SNUYaEtaP. – Sevastopol': SNUYaEtaP, 2011. – Vyp. 19. – Inv. № 822. – S. 10–19.

31. Honcharenko Yu.Yu. Strukturno-lohichna model' rozvytku nadzvychainoi situatsiieiu, vyzvanoï rozlyvom nefti / Yu.Yu. Honcharenko, Yu.V. Braslavskiy, V.N. Hryhoriieva // Sb. nauch. tr. SNUYaEiP. – Vyp. 4 (36). – Sevastopol': SNUYaEiP, 2010. – S. 222–227.

32. Honcharenko Yu.Yu. Otsinka efektyvnosti upravlinnia nadzvychainoi situatsiieiu / Yu.Yu. Honcharenko, E.V. Azarenko, Yu.V. Braslavskiy ta in. // Sb. nauch. tr. SNUYaEiP. – Vyp. 2 (38). – Sevastopol': SNUYaEiP, 2011. – S. 239–245.

33. Linchevskiy Ye.A. Pidhody do vyrishennia teoretychnoi zadachi identyfikatsii radioelektronnykh tsilei z metoiu zapobihannia nadzvychainym sytuatsiiam terrorystychnoho kharakteru / O.V. Azarenko, N.A. Borodina, Ye.A. Linchevskiy // Zbirnyk naukovykh prats Instytutu heokhimii navkolyshnioho seredovyshcha. – Kyiv: DU “IHNS NAN Ukrainy”, 2017. – Vyp. 1(7). – S. 42–47. – Inv. № 57.
34. Linchevskiy Ye.A. Shliakhy tekhnichnoho vyrishennia problemy vydilennia korysnoho syhnalu na foni statsionarnykh pereškod / O.V. Azarenko, N.A. Borodina, Yu.Yu. Honcharenko, M.M. Dyviziuniuk, N.V. Kasatkina, S.V. Lazarenko // Zbirnyk naukovykh prats Instytutu heokhimii navkolyshnioho seredovyshcha. – Kyiv: DU “IHNS NAN Ukrainy”, 2017. – Vyp. 3(9). – S. 23–36. – Inv. № 59.
35. Honcharenko Yu.Yu. Heoinformatsiina systema akvatorii Sevastopolya yak zasib upravlinnia nadzvychainoi situatsiiei / Yu.Yu. Honcharenko, E.V. Azarenko, L.V. Tretiakova ta in. // Zbirnyk naukovykh prats SNUYaEtaP. – Sevastopol': SNUYaEtaP, 2011. – Vyp. 3 (39). – S. 146–153.
36. Linchevskiy Ye.A. Matematychna model' radioelektronneho vyjavlennia ta identyfikatsii liudei ta inshykh nebezpechnykh tsilei na pidhodakh do ob'ektiv krytychnoi infrastruktury v skladnykh hidrometeorolohichnykh umovakh i na yavno-statsionarnykh maskuiuchykh pereškodakh / O.V. Azarenko, N.A. Borodina, Ye.A. Linchevskiy // Zbirnyk naukovykh prats Instytutu heokhimii navkolyshnioho seredovyshcha. – Kyiv: DU “IHNS NAN Ukrainy”, 2017. – Vyp. 4(10). – S. 4–10. – Inv. № 60.
37. Linchevskiy Ye.A. Normatyvne obruntuvannia zmin do kryteriiv, za yakymy otsiniuetsia stupin ryzyku vid vprovadzhennia hospodarskoi diyalnosti u sferi tekhnogennoi ta pozheznoi bezpeky / R.V. Klymas', Ye.A. Linchevskiy, O.M. Chekryhin, O.P. Tyshchenko // Nadzvychaini sytuatsii: bezpeka ta zakhyst: materialy VIII Vseukr. nauk.-prakt. konf. – Cherkasy: CHIPB im. Heroiiv Chornobylia NUTsZ Ukrainy, 2018. – S. 38–39.
38. Linchevskiy Ye.A. Keruiuchy alhorytm inženerno-tekhnichnoho metodu zakhystu viisk i naseleattia vid vrazhaiuchykh faktoriv nadzvychainykh sytuatsii, vyzvanykh zabrudnennyam atmosfery radioaktyvnymy i otruiuchymy rechovynamy na vidkrytii mistsevosti / M.M. Dyviziuniuk, O.M. Miroshnyk, Ye.A. Linchevskiy // Zbirnyk naukovykh prats Instytutu heokhimii navkolyshnioho seredovyshcha. – Kyiv: DU “IHNS NAN Ukrainy”, 2017. – Vyp. 1(7). – S. 36–41. – Inv. № 57.
39. Honcharenko Yu.Yu. Problema upravlinnia ekolohichnoiu bezpekoiu prybrežnykh vod i shliakhy ii rishennia / Yu.Yu. Honcharenko, E.V. Azarenko, M.M. Dyviziuniuk // Zbirnyk naukovykh prats “Systemy obrobky informatsii”. – Kharkiv: Kharkivskiy universytet povitrianykh syl imeni Ivana Kozheduba, 2012. – Vyp. 2 (100). – S. 271–275.
40. Linchevskiy Ye.A. Fenomenolohichne modeliuвання protsesu zmeshennia horyuchosti karbamidoformaldehydnykh pinoplastiv / Ye.A. Linchevskiy, S.V. Zhartovskii, O.V. Novikov, V.V. Nizhnik // Naukovyi visnyk UkrNDIPB. – Kyiv: UkrNDIPB, 2015. – № 1 (31). – S. 93–98.
41. Linchevskiy Ye.A. Inženerno-tekhnichniy metod zakhystu viisk i naseleattia vid vrazhaiuchykh faktoriv nadzvychainykh sytuatsii, vyzvanykh zabrudnennyam atmosfery radioaktyvnymy i otruiuchymy rechovynamy na vidkrytii mistsevosti ta opys protsedur yoho zastosuvannia / N.A. Borodina, M.M. Dyviziuniuk, O.M. Miroshnyk, Ye.A. Linchevskiy // Zbirnyk naukovykh prats Instytutu heokhimii navkolyshnioho seredovyshcha. – Kyiv: DU “IHNS NAN Ukrainy”, 2017. – Vyp. 3(9). – S. 36–39. – Inv. № 59.
42. Linchevskiy Ye.A. Keruiuchy alhorytm informatsiino-tekhnichnoho metodu zapobihannia nadzylchainykh sytuatsii terrorystychnoho kharakteru z vykorystanniam baz danykh fotoobrazi' liudei, otrymanykh vid videosystem zovnishnioho sposterihannia / N.A. Borodina, Yu.Yu. Honcharenko, Ye.A. Linchevskiy // Zbirnyk naukovykh prats Instytutu heokhimii navkolyshnioho seredovyshcha. – Kyiv: DU “IHNS NAN Ukrainy”, 2017. – Vyp. 4(10). – S. 35–49. – Inv. № 60.

## МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЗАГРОЗ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В ЗОНІ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ

**Рустам МУРАСОВ**

доктор технічних наук, Національний університет оборони України,  
rustamm@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0800-2062

**Мета дослідження:** розробка методики кількісного оцінювання загроз для об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ), розташованих у зоні ведення бойових дій, з подальшим використанням результатів для моделювання розвитку воєнно-техногенної катастрофи та оцінки її впливу на військові підрозділи в районах дислокації.

**Методи дослідження:** застосовано аналіз нормативно-правової бази у сфері захисту критичної інфраструктури, математичне моделювання факторів ураження боєприпасів різних типів, імовірісно-статистичні підходи для визначення площ та зон ураження, регресійний аналіз тактико-технічних характеристик озброєння, а також порівняльний аналіз результатів моделювання з даними практичних спостережень.

**Ключові слова:** ураження об'єктів критичної інфраструктури, площа ураження снарядом, імовірність ураження об'єктів критичної інфраструктури, моделювання наслідків обстрілів.

## METHODS OF THREAT ASSESSMENT FOR POTENTIALLY DANGEROUS CRITICAL INFRASTRUCTURE IN THE AREA OF THE JOINT FORCES OPERATION

**Rustam MURASOV**

Candidate of Technical Sciences, PhD student of the Department of Operational and Combat Support of the Ivan Chernyakhovsky National University of Defense of Ukraine,  
rustamm@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0800-2062

**Purpose of the study:** to develop a methodology for the quantitative assessment of threats to critical infrastructure facilities (CIF) located in areas of armed conflict, with subsequent use of the results for modeling the development of a military-technogenic disaster and assessing its impact on military units in their areas of deployment.

**Methods:** analysis of the regulatory and legal framework for the protection of critical infrastructure, mathematical modeling of damage factors produced by various types of munitions, probabilistic-statistical approaches for determining areas and zones of impact, regression analysis of the tactical and technical characteristics of weaponry, and comparative analysis of the modeling results with empirical observation data.

**Keywords:** damage to critical infrastructure facilities; area of projectile impact; probability of damage to critical infrastructure facilities; modeling the consequences of shelling.

### Вступ

Об'єкти критичної інфраструктури, розташовані у зоні ведення бойових дій, поєднують високий рівень техногенного навантаження з підвищеною вразливістю до ураження вогневидами засобами противника. Їхнє розташування поблизу населених пунктів та позицій військ створює додаткові ризики, пов'язані з виникненням вторинних факторів ураження – викидів небезпечних хімічних речовин, геохімічного забруднення ґрунтів і вод, руйнування систем життєзабезпечення. Такі наслідки можуть бути співставними із застосуванням зброї масового ураження.

### Аналіз останніх досліджень

Вивчення сучасних наукових джерел [1-5] свідчить, що більшість досліджень у сфері безпеки критичної інфраструктури зосереджені на окремих об'єктах або типах об'єктів. Значна

увага приділяється аналізу аварій та катастроф із важкими екологічними наслідками, проте комплексні методики оцінювання ризиків в умовах бойових дій залишаються обмеженими.

**Постановка проблеми.** Масштабне ураження об'єктів критичної інфраструктури внаслідок застосування противником артилерійських та ракетних засобів ураження зумовлює комплекс загроз:

- фізичні руйнування конструкцій і обладнання;
- каскадні ефекти, що поширюють небезпеку на суміжні об'єкти та території;
- довготривалі наслідки для екології та безпеки населення.

В умовах інтенсивних бойових дій виникає потреба у створенні методики, що дозволить оперативно визначати рівень загроз і ризиків для ОКІ, враховуючи тип застосованих боєприпасів, характеристики об'єкта, сценарії аварій та взаємозв'язки між фізичними та інформаційними складовими безпеки.

Об'єкти критичної інфраструктури в зоні ведення бойових дій поєднують високий рівень техногенного навантаження та підвищену вразливість до ураження вогневыми засобами противника. Розташування поблизу населених пунктів і позицій військ створює ризики виникнення вторинних факторів ураження – викидів небезпечних хімічних речовин, геохімічного забруднення ґрунтів і води, руйнування систем життєзабезпечення. Такі наслідки можуть бути співставними із застосуванням зброї масового ураження та становлять загрозу життю і здоров'ю людей.

Для своєчасного реагування та мінімізації наслідків необхідно розробити методику оцінювання загроз, яка враховує специфіку об'єктів, тип боєприпасів, сценарії аварій та взаємозв'язки між фізичними й інформаційними складовими безпеки, забезпечуючи основу для ефективних рішень у сфері цивільного захисту.

У роботі досліджено проблематику розрахунків з оцінювання загроз об'єктам критичної інфраструктури в умовах ведення бойових дій. На основі теорії ймовірностей, методів математичного аналізу та моделювання чинників ураження розроблено методику, що дозволяє визначати ймовірність ураження таких об'єктів різними видами зброї. У дослідженні враховано характеристики озброєння окупаційних гібридних військ, а як приклад для розрахунків обрано Луганську ТЕС. Проведено обчислення ймовірності ураження об'єкта та аналіз впливу можливих сценаріїв.

Запропонована методика забезпечує кількісну оцінку загроз і ризиків для об'єктів критичної інфраструктури під час бойових дій, що дозволяє її застосовувати при плануванні бойових операцій, визначенні потреб у матеріально-технічних засобах для відновлення пошкоджених об'єктів, а також під час розрахунку сил і засобів для їх ураження у противника.

Аналіз досліджень ризиків для об'єктів критичної інфраструктури показав, що вони мають багатовекторний характер і складну природу формалізації для подальшого моделювання та опису. У зв'язку з цим провідні вчені та дослідники [1, 2, 3] у своїх роботах зазвичай зосереджуються на конкретному об'єкті критичної інфраструктури або його типі. Оскільки техногенний потенціал наслідків аварій на таких об'єктах є значним і супроводжується важкими екологічними впливами, більшість досліджень спрямовано на опис та моделювання аварій і катастроф. Вивчення оперативної обстановки на лінії зіткнення в зоні ведення бойових дій та прилеглих територіях свідчить про високу концентрацію техногенно та хімічно небезпечних об'єктів, які постійно зазнають військово-техногенного впливу (див. рисунок 1). Особливо вразливими є об'єкти, розташовані в так званій «сірій зоні» [4, 5].

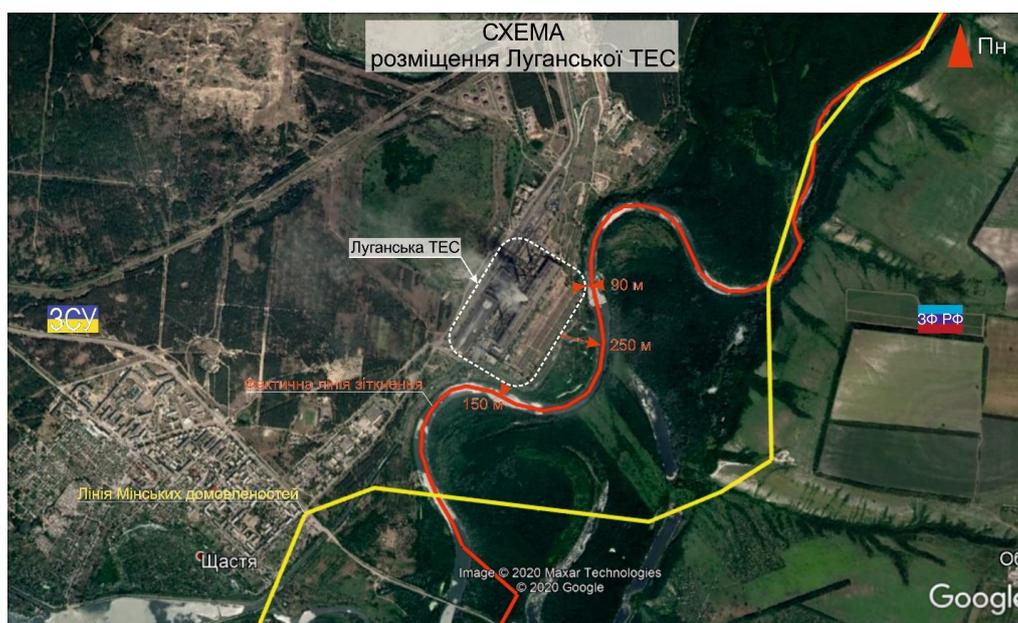


Рисунок 1 – Схема розміщення Луганської ТЕС відносно лінії зіткнення в зоні ООС, 2020 рік

У зв'язку з цим для оцінювання наявних воєнно-техногенних загроз постає завдання розроблення методики їх кількісної оцінки для об'єктів критичної інфраструктури, розташованих у зоні ведення бойових дій, з визначенням складових елементів механічного, хімічного та фізичного деструктивного впливу.

Аналіз показав, що основними боеприпасами, які використовують війська російської федерації в зоні бойових дій, є боеприпаси осколкової та фугасної дії [6, 7]. Розглянемо уражаючі фактори та параметри цих боеприпасів. Залежно від конструктивних особливостей різних типів осколкових (осколково-фугасних) боеприпасів, при руйнуванні їх корпусу після підриву розривного заряду утворюються осколки різної маси, з різними початковими швидкостями та напрямками розльоту. Осколкову дію можуть мати також фугасні, бетонобійні, бронебійні та кумулятивні снаряди [3, 4].

Зону ураження території осколками  $S_{оск}$  в цьому випадку можна вважати показником впливу на ОКІ. В загальному випадку на цій площі  $S_{оск}$  уражаючими факторами будуть кількість осколків  $N$ , маса осколків  $m_{оск}$  та швидкість осколків (бойових елементів) на можливих напрямках (секторах) їх розльоту після вибуху  $V_{оск}$ .

Кінетичну енергію осколки та уражальні елементи отримують при дробленні оболонки завдяки енергії вибуху розривного заряду [8]. Приведений радіус вибухового заряду, який характеризує енергію вибуху, можна визначити за формулою [1]:

$$R_3 = \sqrt[3]{\frac{3m_{тр}}{4\pi\gamma_{вр}}} \text{ (м)}, \quad (1)$$

де  $m_{тр}$  – еквівалентна маса тротилу,  $\gamma_{вр}$  – щільність вибухової речовини (для тротилу  $\gamma_{вр} = 1600 \text{ кг/м}^3$ ). Час вибуху вибухової речовини боеприпасів розраховується за формулою:

$$t = \frac{R_3}{v_{дет}} \text{ (с)}, \quad (2)$$

де  $v_{дет}$  – швидкість детонації (м/с).

Розподіл осколків в просторі залежить від конструкції і форми снаряда та від умов зустрічі снаряда з мішенню або поверхнею ґрунту. Можна вважати, що в статичних умовах осколки розлітаються приблизно по нормалі до зовнішньої поверхні снаряда.

Воєнно-техногенними факторами фугасної дії снаряда [9, 10] є ударна хвиля і продукти вибуху, які розповсюджуються в середовищі в різні боки від точки вибуху. Під час розширення

сильно стиснутих і нагрітих продуктів вибуху вони спрямовуються в сторону найменшого опору середовища до поверхні перешкоди. В результаті частина середовища (грунту) викидається на поверхню і виникає конусоподібна воронка, розміри якої характеризуються глибиною  $h$  і радіусом  $r$ .

Характеристиками фугасної дії (уражаючі параметри) будемо вважати радіус ураження (руйнування) ( $R_p$ ). Для визначення  $R_p$  (в метрах) застосовують емпіричну формулу:

$$R_p = K_{гр} \cdot \sqrt[3]{M_{exp}} \quad (\text{м}), \quad (3)$$

де  $M_{exp}$ , а  $W_{exp}$  – вага розривного заряду, (кг);  $K_{гр}$  – коефіцієнт, що залежить від властивостей середовища, в якому знаходиться снаряд на момент вибуху (значення наведено в табл. 1).

В середньому можна вважати, що на кожний кілограм вибухової речовини приходить (1,2 - 1,5) м<sup>3</sup> об'єму вирви  $V_{вир}$ :

$$h_{вир} = \frac{4,5 \cdot V_{вир}}{\pi \cdot r^2} \quad (\text{м}). \quad (4)$$

Із збільшенням заглиблення снаряду воронка стає більш глибокою, а об'єм її зменшується.

**Таблиця 1**

Значення коефіцієнта  $K_{гр}$ .

| № з/п | Перешкода                                    | $K_{гр}$ |
|-------|--|----------|
| 1.    | Земля рихла, мокра глина, болотна місцевість | 1,4      |
| 2.    | Земля щільна, звичайна рослинність           | 1,07     |
| 4.    | Земля змішана з камінням, пісок              | 1,0      |
| 4.    | Глина з піском, мерзла земля                 | 0,96     |
| 5.    | Пісчаник                                     | 0,92     |
| 6.    | Спороди з каміння                            | 0,84     |
| 7.    | Бетон  | 0,77     |
| 8.    | Залізобетон                                  | 0,65     |

Після розриву боєприпасів утворюється суміш осколків і продуктів вибуху, швидкість викиду яких можна розрахувати за формулою:

$$v_{вик} = \frac{v_{R3} \cdot R_3^2}{\sqrt{R_{вор}^2 + h_{вор}^2}} \quad (\text{м/с}). \quad (5)$$

Максимальна швидкість продуктів детонації розраховується за формулою:

$$v_{R3} = \sqrt{\frac{2 \cdot \gamma_{вр} \cdot u_1}{3 \cdot \gamma_{вик}}} \quad (\text{м/с}), \quad (6)$$

де:  $\gamma_{вр}$ ,  $\gamma_{вик}$  – питомі густини вибухової речовини і викинутих продуктів вибуху. Питома енергія вибухової речовини, що перетворюється в механічну енергію продуктів детонації, розраховується за формулою:

$$u_1 = \frac{M_t \cdot v_1^2}{2} \quad (\text{Дж}), \quad (7)$$

де  $M_t$  – маса вибухової речовини у тротиловому еквіваленті,  $v_1$  – середньоквадратична швидкість розльоту продуктів детонації, для вибухових речовин  $v_1 = (2900 - 3000)$  (м/с),  $\gamma_{вик} = 3050$  (кг/м<sup>3</sup>). Для тротилу при значеннях  $\gamma_{вр} = 1600$  (кг/м<sup>3</sup>),  $\gamma_{вик} \approx 3050$  (кг/м<sup>3</sup>),  $v_1 = 2950$  (м/с) швидкість продуктів викиду можна розрахувати за формулою:

$$v_{викТНТ} = \frac{v_1 \cdot R_3}{\sqrt{R_{вор}^2 + h_{вор}^2}} \quad (\text{м/с}). \quad (8)$$

Радіус розльоту продуктів вибуху (без врахування впливу руху повітря й аеродинаміки коефіцієнтів форми) можна розрахувати за формулою:

$$R_{\text{розл}} = \frac{v_{\text{вик}}^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} \quad (м), \quad (9)$$

де  $g = 9,80665 \text{ (м/с}^2\text{)}$  – швидкість вільного падіння (константа).

Значення максимального радіуса розльоту продуктів вибуху можна розрахувати за формулою за умови  $\alpha = \frac{\pi}{2}$ :

$$R_{\text{розл.макс}} = 0,75 \cdot \frac{v_{\text{вик}}^2 \cdot \sin \frac{\pi}{2}}{g} \quad (м). \quad (10)$$

Значна частина поверхні снаряда є циліндричною, тому основний потік осколків (до 80%) спрямований перпендикулярно до осі снаряда, інші уздовж осі приблизно 10% від головної і донної частин снаряда.

Площу ураження ОКІ можна поділити на ділянки відносно точки розриву боєприпаса:

1. Ділянку повного ураження на якій знищуються всі складові елементи ОКІ.
2. Ділянку достовірного ураження, в якій всі елементи ОКІ уражаються осколками боєприпасів, гарячими газами вибухових речовин та вибуховою хвилею.
3. Ділянку недостовірного ураження, в якій елементи ОКІ не обов'язково уражаються при розриві боєприпасів.
4. Ділянку безпечних розривів, на ОКІ (осколками, які не мають уражаючої сили).

Для визначення площі ураження  $S_{\text{оск}}$  користуються такою формулою

$$S_{\text{оск}} = \sum_{i=1}^n p_{\text{срі}} \cdot S_i \quad (м^2) \quad (11)$$

де  $n$  – число ділянок ураження осколками;  $S_i$  – площа ділянки в площині ОКІ, обмежена лініями однакової ймовірності ураження;  $p_{\text{срі}}$  – середнє значення ймовірності ураження цілі на цій ділянці.

Для розрахунку площ  $S_i$  ділянок різного ступеня ураження ОКІ осколками будемо вважати, що їх просторовий розподіл відповідає нормальному закону ураження. Тоді відповідно ймовірність ураження може бути визначена за формулою

$$p = \frac{\rho^2}{\pi \cdot E_x \cdot E_y} \cdot \iint_S e^{-\rho^2 \cdot \left[ \frac{x^2}{E_x^2} + \frac{y^2}{E_y^2} \right]} dx dy \quad (12)$$

де  $\rho$  – густина ймовірності.

Нормальний закон розсіювання осколків можна виразити функцією щільності ймовірності, яка має такий вигляд:

$$\phi(x, y) = \frac{\rho^2}{\pi \cdot E_x \cdot E_y} \cdot e^{-\rho^2 \cdot \left[ \frac{x^2}{E_x^2} + \frac{y^2}{E_y^2} \right]}. \quad (13)$$

Позначивши вираз в дужках через  $K^2$ , отримаємо рівняння еліпса

$$\frac{x^2}{K^2 \cdot E_x^2} + \frac{y^2}{K^2 \cdot E_y^2} = 1. \quad (14)$$

При  $K=1$  матимемо одиничний еліпс, тобто такий еліпс, напівосі якого рівні  $E_x$  і  $E_y$ . При  $K=4$  отримаємо повний еліпс розсіювання осколків.

Будемо вважати, що в разі вибуху боєприпаса ми маємо крайній випадок розсіювання осколків по колу ( $E_x = E_y = R_{\text{розл.мак}}$ ), тоді рівняння можна записати у вигляді:

$$\phi(x, y) = \frac{\rho^2}{\pi \cdot R_{\text{розл.мак}}^2} \cdot e^{-\rho^2 \cdot \left[ \frac{x^2 + y^2}{R_{\text{розл.мак}}^2} \right]} \quad (15)$$

$$\frac{x^2 + y^2}{K^2 \cdot R_{\text{розл.мак}}^2} = 1. \quad (16)$$

Площа ураження  $S_i$  від вибуху одного боєприпаса визначаються площею круга:

$$S_i = \pi \cdot K^2 \cdot R_{\text{розл.мак}}^2 \quad (\text{м}^2). \quad (17)$$

Залежно від калібру боєприпасів, потужності зарядів, установки підричників і висоти вибуху приведені зони ураження осколками можуть бути різними. На основі цих даних можуть бути розраховані:

1. Площа повного ураження ( $K=1$ ).
2. Площа достовірного ураження ( $K=2$ ).
3. Площа недостовірного ураження ( $K=3$ ).
4. Площа розльоту безпечних осколків ( $K=4$ ).

Таким чином в загальному випадку приведена площа ураження осколками ОКІ з урахуванням площі еліпса розсіювання може бути знайдена за формулою:

$$S = 16 \cdot \pi \cdot (E_x + 4 \cdot R_{\text{розл.мак}})^2 \quad (\text{м}^2). \quad (18)$$

Для оцінки впливу конструктивних параметрів на величину радіуса круга розсіювання осколків, використовуючи параметри боєприпаса, а саме калібр, вагу металевої оболонки боєприпаса, вагу вибухової речовини, використовуючи апарат регресійного аналізу, можна побудувати моделі множинної регресії для визначення  $R_{\text{розл.мак}}$ .

Для обчислення можливих зон ураження ОКІ скористаємось апаратом множинного регресійного аналізу, який дозволяє сформувати регресійні моделі для обчислення залежності радіуса зони ураження ОКІ для різних систем зброї і військової техніки від конструктивно-технічних характеристик боєприпасів (калібру, ваги оболонки і вибухової речовини боєприпасів).

Використання множинного регресійного аналізу дає надзвичайно широкі можливості для визначення залежностей між радіусом розльоту осколків чи інших уражаючих факторів від характеристик боєприпасів, які визначаються емпіричними методами.

Узагальнені характеристики конструктивних особливостей для типових боєприпасів, які застосовуються, зведені в таблицю 2.

Розрахувати рівняння множинної регресії можна за допомогою комп'ютерних пакетів програм статистичного аналізу даних (наприклад, *Wolfram Mathematica*). Основні методологічні труднощі виникають в ході перевірки виконання апріорних передумов регресійного аналізу і подальшої оцінки адекватності одержаного регресійного рівняння.

Нехай задано простір ознак  $O'$  боєприпасів відповідного виду тактичної (артилерійської) зброї розмірністю  $p > 1$ , точками якого є конкретні значення характеристик боєприпасів  $O' = \{o_1, \dots, o_j, \dots, o_n\}$ , де  $o_j$  – значення  $j$ -ї характеристики боєприпасів. Припустимо, що в матриці ознак  $O'$  один із стовпців вважається залежною змінною (радіусом розльоту осколків  $R_{\text{розл.мак}}$ , а деяка кількість решти характеристик боєприпасів  $m$  ( $1 < m < p$ ), визначені нами як пояснювальні або варійовані змінні.

Таблиця 2

Розподіл конструктивних особливостей для типових боєприпасів за калібрами та видами снарядів для систем артилерійської зброї СВ ЗС України [13]

| № з/п | Типи систем зброї                        | Типи боєприпасів                 | Коефіцієнт маси снаряда<br>$c_q = \frac{q}{d^3}$ ,<br>(кг/дм <sup>3</sup> ) | Коефіцієнт розривного заряду<br>$c_\omega = \frac{\omega_{вв}}{d^3}$ , (кг/дм <sup>3</sup> ) | Коефіцієнт наповнення снаряда вибуховою речовиною<br>$\alpha_{вв,\%} = \frac{\omega_{вв}}{q} \cdot 100\%$ |
|-------|--|----------------------------------|---|--|---|
| 1.    | Гармата                                  | Фугасний                         | 12-14   | 1,5-2,0  | 10-25   |
| 2.    | Гаубиця                                  | Фугасний                         | 10-12   | 2,0-2,5  | 20-21   |
| 3.    | Мортира                                  | Фугасний                         | 8-10  | 2,5-3,0  | 30-31   |
| 4.    | Малого калібру (менше 70 мм)             | Осколковий                       | 14-24   | 1,0-1,5  | 5-10  |
| 5.    | Середнього калібру (від 70 мм до 155 мм) | Осколковий                       | 11-16   | 1,0-1,65   | 7-14  |
| 6.    | Середнього калібру                       | Осколково-фугасний               | 12-14   | 1,5-2,0  | 10-15   |
| 7.    | Гармати малих і середніх калібрів        | Броньбійно-грасуючі каліберні    | 13-20   | 0,1-0,4  | 0,5-2,5   |
| 8.    |  | Броньбійно-грасуючі підкаліберні | 7-16  | 0,1-0,4  | 0,5-2,5   |
| 9.    | Міномет                                  | Міна осколково-фугасна           | 7-10  | 0,7-1,8  | 10-18   |
| 10.   | Міномет                                  | Міна осколкова                   | 6,0-7,5   | 0,7-1,0  | 10-15   |
| 11.   | Міномет                                  | Міна фугасна                     | 10-15   | 3-4  | 20-25   |
| 12.   | РСЗВ                                     | Реактивний снаряд оперений       | 2-8   | 2-8  | 15-55   |

Для нашого випадку до таких характеристик можна віднести калібр, вагу оболонки, вагу вибухової речовини боєприпасів. Якщо масив характеристик статистично репрезентативний, то можна сформувати навчальну вибірку у вигляді матриці незалежних змінних – характеристик боєприпаса, і пов'язаного з нею вектора-стовпця  $Y \rightarrow y_i$ ,  $i = \overline{(1, n)}$  – кількість рядків даних про  $R_{розл.мах}$  ( $n > m$ ), для яких всі значення чисельно визначені. Необхідно сконструювати рівняння, що виражає закон зміни радіуса розльоту осколків  $R_{розл.мах}$  залежно від конкретних значень незалежних змінних  $O \rightarrow o_{ij}$ .

Модель множинної лінійної регресії за аналогією з одновимірною лінійною регресією матиме вигляд:

$$y = a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + a_3 \cdot x_3 + b, \quad i = \overline{1, 3}, \quad (19)$$

де  $y$  – значення залежної змінної;  $x_i$  – відоме значення  $i$ -ої пояснюючої змінної;  $a_i$  – невідомі коефіцієнти при  $i$ -й незалежній змінній;  $b$  – константа рівняння множинної регресії.

З використанням Wolfram Mathematica та статистичних функцій системи електронних таблиць Excel 2019 було проведено дослідження залежності радіуса зони ураження ОКІ  $y$  від тактико-технічних характеристик боєприпасів (калібру  $x_1$ , ваги боєприпасів  $x_2$  і вибухової речовини  $x_3$ ) і шляхом статистичного аналізу розроблено лінійні апроксимуючі залежності у вигляді рівнянь множинної регресії.

Для визначення залежності між конструктивними характеристиками осколково-фугасних боєприпасів (калібром, вагою оболонки, вагою вибухової речовини) і значенням  $R_{розл.мах}$  величини розльоту осколків було використано характеристики типових зразків артилерійської зброї, що є на озброєнні СВ ЗС України, наведені в таблиці 3.

Рівняння, що були отримані в результаті застосування процедур апарату множинного регресійного аналізу, наведені в таблицях 4 та 5.

Таблиця 3

Характеристики типових боєприпасів систем артилерійської зброї ЗС України та розмір зони ураження осколками [13]

| № з/п             | Тип зброї | Система       | Калібр, мм | Вага боєприпаса, кг | Вага оболонки боєприпаса, кг | Вага вибухової речовини, кг | Тип боєприпаса                      |
|-------------------|-----------|---------------|------------|---------------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Нарізна артилерія |           |               |            |                     |                              |                             |                                     |
| 1.                | Гармата   | ПТП ЗІС-2     | 57         | 2,25                | 1,95                         | 0,3                         | ОФ                                  |
| 2.                | Гармата   | П ЗІС-3       | 76         | 6,2                 | 5,32                         | 0,88                        | 13290 (ОФ-350, ОФ-350В)             |
| 3.                | Гармата   | П Д-44        | 85         | 9,7                 | 8,96                         | 0,74                        | 15600 (ОФ-372)                      |
| 4.                | Гармата   | П БС-3        | 100        | 15,5                | 13,85                        | 1,65                        | ОФ-412                              |
| 5.                | Гаубиця   | САГ 2С9       | 120        | 20,5                | 17,91                        | 2,59                        | 8800(ОФ49)                          |
| 6.                | Гаубиця   | Г Д-30        | 122        | 21,76               | 17,22                        | 4,54                        | 15300(ОФ24)                         |
| 7.                | Гармата   | П М-46        | 130        | 32,66               | 28,27                        | 4,39                        | ОФ-482М                             |
| 8.                | Гаубиця   | ПГ Д-20       | 152        | 43,56               | 34,78                        | 8,78                        | 17410(ОФ-25)                        |
| 9.                | Гармата   | СП 2С7 "Піон" | 203        | 110                 | 93,27                        | 16,73                       | 37500 (ОФ43)                        |
| Міномети          |           |               |            |                     |                              |                             |                                     |
| 10.               | Міномет   | М-82          | 82         | 3,1                 | 2,635                        | 0,465                       | О-832А, О-832С, О-832У, О-12        |
| 11.               | Міномет   | 2С12 "Сані"   | 120        | 16                  | 13,76                        | 2,24                        | ОФ-843Б, ОФ-843В, ОФ-34, ОФ-36      |
| 12.               | Міномет   | ПМ120         | 120        | 15,9                | 13,65                        | 2,25                        | ОФ-843А(Б), ОФ-843В, ОФ-843АУ       |
| 13.               | Міномет   | М-160         | 160        | 41                  | 33,63                        | 7,37                        | ОФМ                                 |
| Ракетна артилерія |           |               |            |                     |                              |                             |                                     |
| 14.               | РСЗО      | БМ-13         | 132        | 42                  | 33,6                         | 8,4                         |                                     |
| 15.               | РСЗО      | БМ-14         | 140        | 39,6                | 29,7                         | 9,9                         | М-14-ОФ(ОФ-949)                     |
| 16.               | "Град"    | БМ-21 (9К51)  | 122,4      | 66,5                | 48,1                         | 18,4                        | 9М22, 9М22У, 9М22У1, 9М22У2, М-210Ф |
| 17.               | "Град-1"  | 9К55-1        | 122,4      | 77                  | 49,4                         | 27,6                        | 9М28Ф, 9М28Ф-1, 9М28К, 9М28Д        |
| 18.               | РСЗО      | БМ-24 М-24Ф   | 240        | 110                 | 66                           | 44                          |                                     |
| 20.               | "Ураган"  | БМ-27, (9К57) | 220        | 280                 | 180                          | 100                         | 9М27Ф                               |
| 21.               | "Смерч"   | 9К58          | 300        | 800                 | 520                          | 280                         | 9М55К                               |

Таблиця 4

Моделі множинної регресії залежності радіуса ураження осколками ОКІ від тактико-технічних характеристик боєприпасів

| № з/п | Система зброї                   | Рівняння регресії   | $R^2$  | $F$     |
|-------|---------------------------------|---|--------|---------|
| 1.    | Нарізна артилерія               | $y = 164,335 + 4,421 \cdot x_1 - 1,018 \cdot x_2 + 2,458 \cdot x_3$ | 0,8892 | 13,376  |
| 2.    | Ракетні системи залпового вогню | $y = 264,28 + 3,817 \cdot x_1 - 2,196 \cdot x_2 + 2,086 \cdot x_3$  | 0,959  | 23,525  |
| 3.    | Міномети                        | $y = 305,3 + 42,607 \cdot x_2 + 22,001 \cdot x_3$                   | 0,996  | 113,391 |

Таблиця 5

Моделі множинної регресії залежності приведеної площі ураження ОКІ від тактико-технічних характеристик боєприпасів

| № з/п   | Система зброї                   | Рівняння регресії  | $R^2$ | $F$     |
|---|---------------------------------|--|-------|---------|
| Фугасне ураження від артилерійських боєприпасів |                                 |  |       |         |
| 1.  | Нарізна артилерія               | $y = -0,258 + 0,081 \cdot x_1 - 0,018 \cdot x_2 + 0,258 \cdot x_3$ | 0,994 | 190,414 |
| 2.  | Ракетні системи залпового вогню | $y = 2,817 + 0,092 \cdot x_1 - 0,044 \cdot x_2 - 0,007 \cdot x_3$  | 0,964 | 27,297  |
| 3.  | Міномети                        | $y = 1,348 + 0,267 \cdot x_2 - 0,049 \cdot x_3$                    | 1     | -       |

Примітка:  $R^2$  – коефіцієнт детермінації, %;  $F$  – статистика Фішера для оцінки значущості регресії. Коефіцієнти рівнянь регресії:  $x_1$  – калібр боєприпаса,  $x_2$  – вага оболонки боєприпаса,  $x_3$  – вага вибухової речовини боєприпаса.

**Результати дослідження**

В результаті розрахунків були отримані такі результати (рисунок 2, 3):

1. За розрахункову одиницю було взято снаряд РСЗО Град, тротиловий еквівалент 27,6 кг.
2. Радіус ураження вибухової речовини  $R_3 = 47,3$  м.
3. Радіус розльоту продуктів вибуху (без обліку впливу руху повітря й аеродинаміки коефіцієнтів форми)  $R_{розл} = 99,36$  м.
4. Площа ураження  $S_i$  від вибуху одного боєприпаса 124080 м<sup>2</sup>.

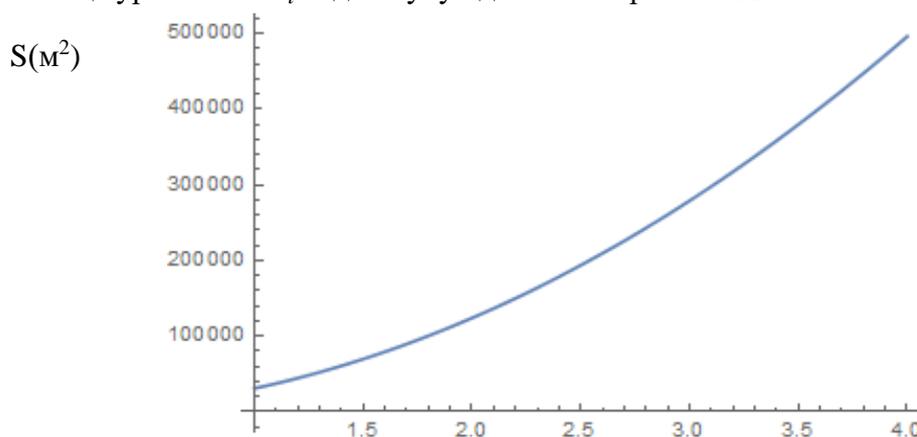


Рисунок 2 – Площа ураження осколками в залежності від значення К (площа повного ураження (К=1). Площа достовірного ураження (К=2). Площа недостовірного ураження (К=3). Площа розльоту безпечних осколків (К=4))

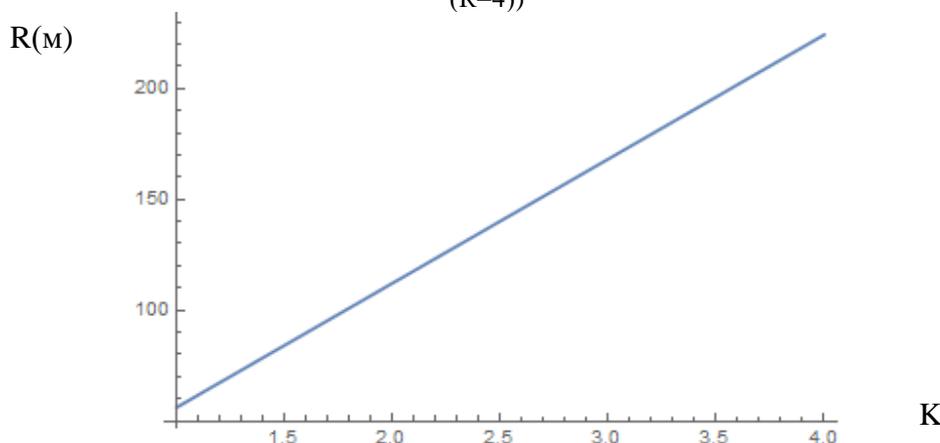


Рисунок 3 – Радіус ураження осколками в залежності від значення К (площа повного ураження (К=1). Площа достовірного ураження (К=2). Площа недостовірного ураження (К=3). Площа розльоту безпечних осколків (К=4))

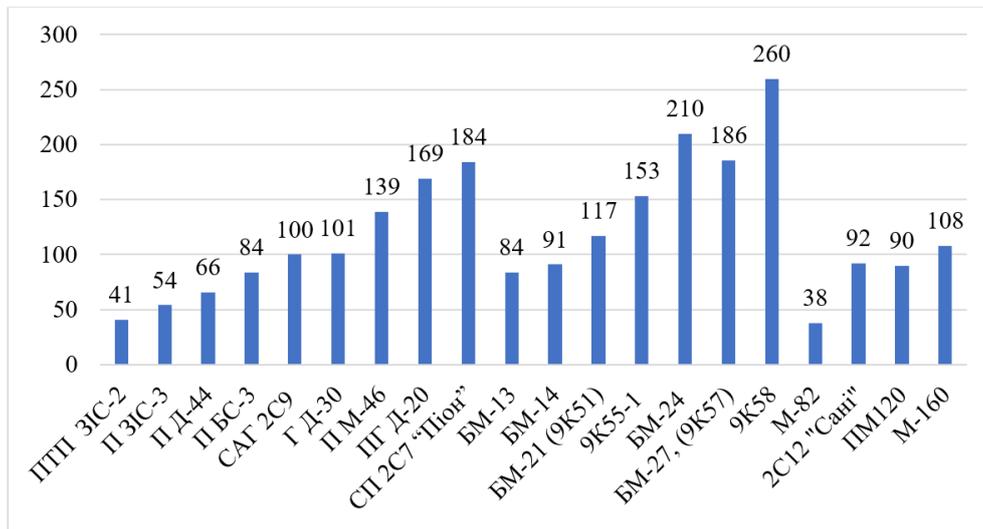


Рисунок 4 – Діаграма залежності радіуса (м) ураження осколками ОКІ від тактико-технічних характеристик боєприпасів

Після отримання значень щодо розмірів (площі) ураження –  $S_{i,ностр}$  [12] відповідних боєприпасів (при  $n$  пострілах), отримуємо рівняння імовірності ураження потенційно небезпечних [14, 15] об'єктів  $k$ -ї кількості з відповідними площами  $S_{j,об}$

$$P_{ураж} = 1 - e^{-\frac{\sum_{i=1}^n S_{i,ностр}}{\sum_{i=1}^n S_{i,ностр}}} \quad (20)$$

Здійснимо практичні розрахунки імовірності ураження технічних об'єктів Луганської ТЕС (сумарна площа 100000 кв.м) 20-та пострілами РСЗО Град, рис. 5, 6.

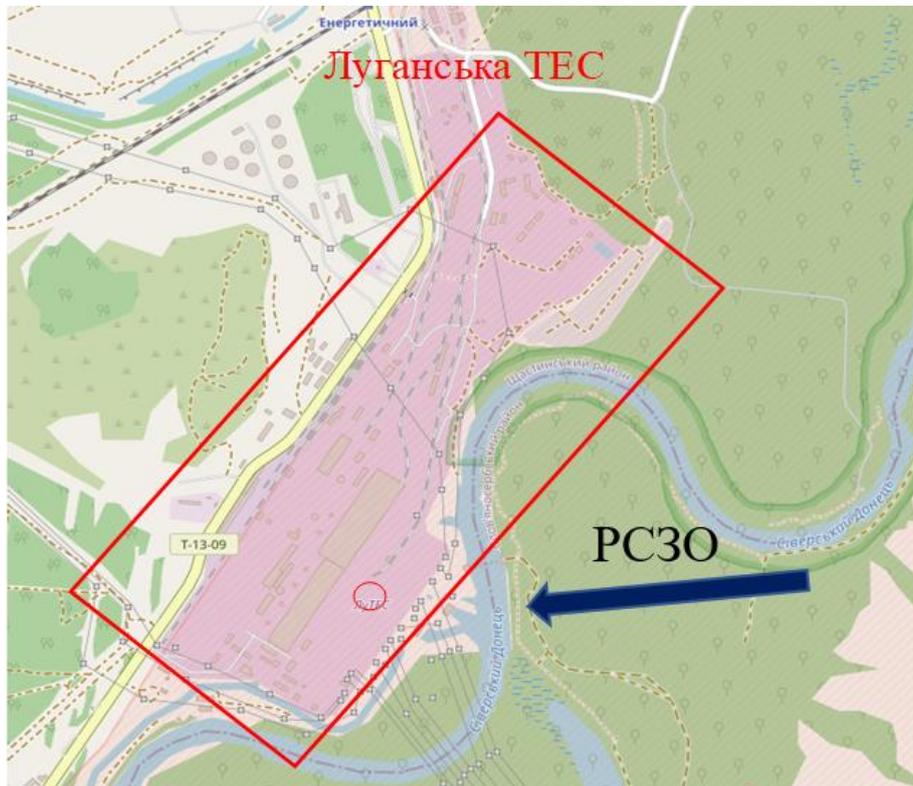


Рисунок 5 – Схема Луганської ТЕС з технічними об'єктами і площа ураження одним пострілом РСЗО Град.

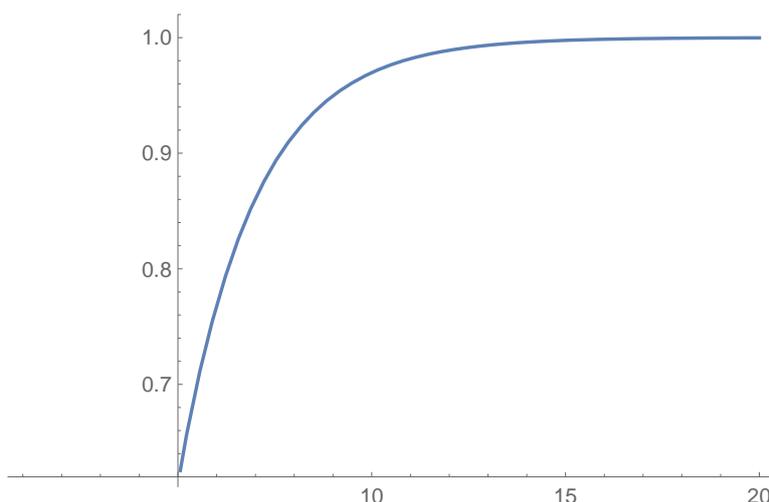


Рисунок 6 – Імовірність ураження об'єктів Луганської ТЕС пострілами (до 20 пострілів)

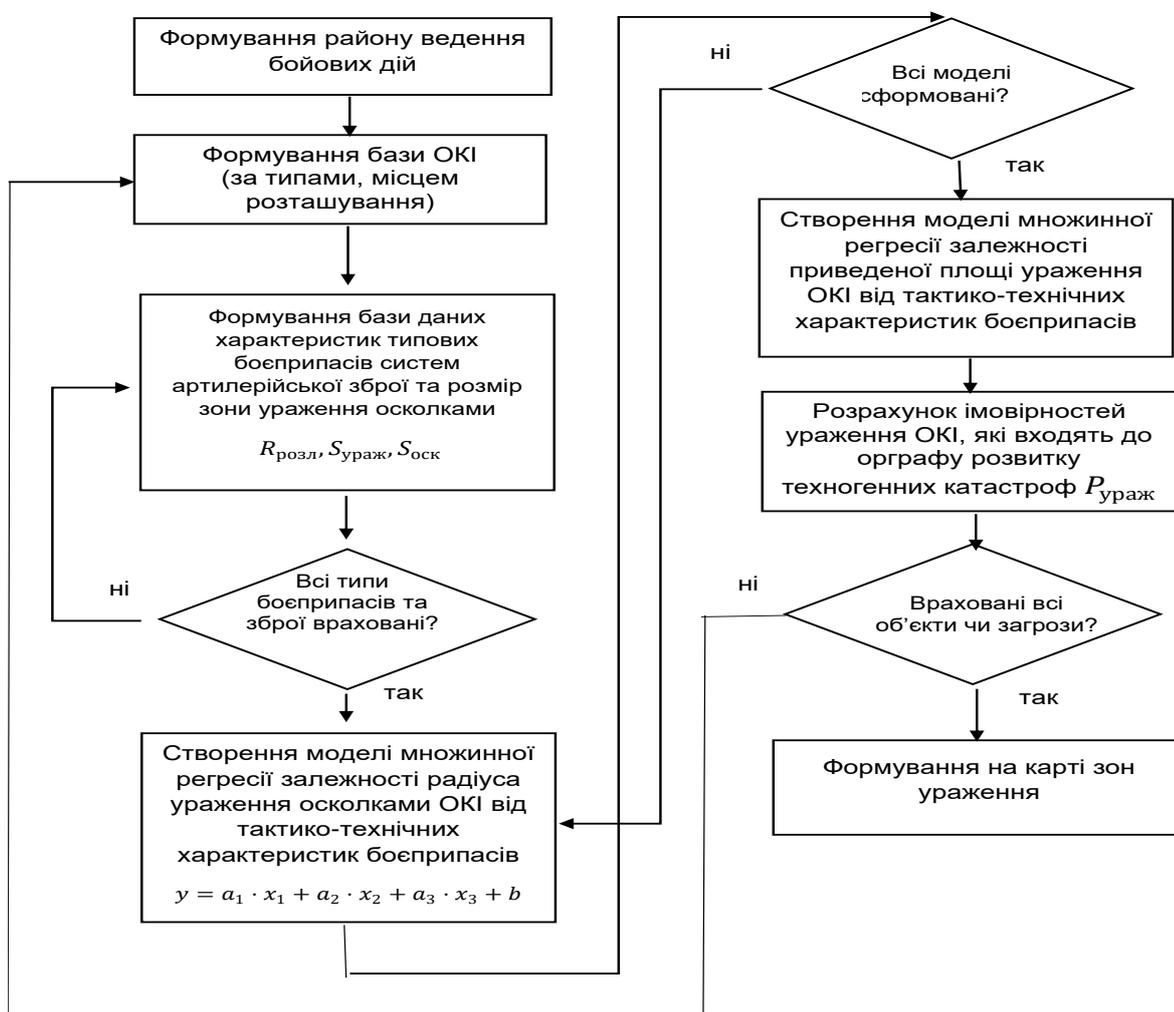


Рисунок 7 – Блок-схема методики оцінювання загроз для потенційно небезпечних об'єктів критичної інфраструктури в ході ведення бойових дій

Отже, в результаті проведених досліджень, було розроблено методику для визначення оцінки чисельного результату імовірності ураження ОКІ, блок-схема, якої наведена на рисунку 7.

Для практичної апробації отриманих теоретичних положень, на прикладі ураження об'єктів Луганської ТЕС пострілами РСЗО Град було проведено практичні розрахунки. Отриманий результат збігається з результатами практичних фіксацій обстрілів Луганської ТЕС у 2015 році.

Розроблена методика дозволяє комбінувати застосування різного типу зброї і отримувати кількісну оцінку зони ураження ОКІ.

### Список використаних джерел

1. Іванюта С.П. Загрози критичній інфраструктурі та їх вплив на стан національної безпеки (моніторинг реалізації Стратегії національної безпеки). Аналітична записка. К.: НІСД, 2017. 10 с.
2. Чумаченко С.М., Троцько В.В. Оцінювання загроз об'єктам критичної інфраструктури / С. М. Чумаченко, Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека Вип. 1 (3). К.: УкрНДІ ЦЗ, 2017. С. 41-47
3. Бірюков Д.С. «Про доцільність та особливості визначення критичної інфраструктури в Україні». Аналітична записка. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.niss.gov.ua/articles/1026/>
4. Бобро Д.Г., Визначення критеріїв оцінки та загрози критичній інфраструктурі. *Стратегічні пріоритети*, № 4 (37), 2015 р., Серія «Економіка», стор. 83-93. URL: <http://sp.niss.gov.ua/content/articles/files/10-1457002140.pdf>
5. Чепков І. Б., Організація протидії «гібридній війні» в сучасних умовах: технічний аспект. *Озброєння та військова техніка* / І. Б. Чепков, С. В. Лапицький, А. А. Гультяєв, А. Ю. Гупало, М. М. Чепура //1(13) 2017 р. С 3-8.
6. Аналіз бойових дій на сході України в ході зимової кампанії 2014–2015 років, Генеральний штаб Збройних Сил України, URL: [//www.mil.gov.ua/news/2015/12/23/analiz-bojovih-dij-na-shodi-ukraini-v-hodi-zimovoi-kampanii-2014%E2%80%932015-rokiv--16785](http://www.mil.gov.ua/news/2015/12/23/analiz-bojovih-dij-na-shodi-ukraini-v-hodi-zimovoi-kampanii-2014%E2%80%932015-rokiv--16785).
7. Щоденні і оперативні звіти Спеціальної моніторингової місії в Україні, <https://www.osce.org/uk/special-monitoring-mission-to-ukraine>
8. Бобриков А.А. Оценка эффективности огневого поражения ударами ракет и огнем артиллерии СПб.: Галей Принт, 2006. 421 с.
9. Борщевский С.Б. Стрельба наземной артиллерии /, общ. ред. В.И. Колесова // Военное изда-тельство Министерства обороны СССР. – 1970. С. 54-55.
10. Журавльов О.О. Модель оцінювання параметрів динамічного поля вражаючих елементів, що формується при розриві одного некерованого осколково-фугасного бойового елемента / О.О. Журавльов, М.Г. Іванець *Системи озброєння і військова техніка*. 2012. № 2(30). С. 55-58.
11. Греков В.П., Журавльов О.О., Ткаченко Ю.А. Метод оцінки розміру приведеної площі осколкового ураження касетної бойової частини реактивного снаряду з осколково-фугасними бойовими елементами. *Системи озброєння і військова техніка*. 2019. № 1(57). С. 77-84. <https://doi.org/10.30748/soivt.2019.57.11>.
12. Крэпа В.Г. Боевое применение ракетных войск и артиллерии в операциях М.: Военная артиллерийская академия им. М.И. Калинина. 1984. С. 32.
13. Довідник учасника АТО: озброєння і військова техніка Збройних сил Російської Федерації / А.М. Алімпієв, Г.В. Певцов, Д.А. Гриб, А.В. Антонов та ін.; за заг. ред. А.М. Алімпієва. Х.: Оригінал, 2015. 732 с.
14. А. Н. Колмогоров, Число попаданий при нескольких выстрелах и общие принципы оценки эффективности системы стрельбы, Тр. Матем. ин-та им. В. А. Стеклова, 1945, том 12, 7–25.
15. С.М. Чумаченко, Р.К. Мурасов, Я.В. Мельник Теоретико-методологічні основи інформаційного аналізу еколого-техногенних загроз для потенційно небезпечних об'єктів критичної інфраструктури в умовах збройного конфлікту на Сході України *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони* 118 № 1 (40)/2021, с. 117-122

### References

1. Ivanyuta, S. P. (2017). Threats to critical infrastructure and their impact on national security (monitoring the implementation of the National Security Strategy) [Analytical note]. NISS.

2. Chumachenko, S. M., & Trotsko, V. V. (2017). Assessment of threats to critical infrastructure facilities. *Scientific Bulletin: Civil Protection and Fire Safety*, 1(3), 41–47. UkrRDI of Civil Protection.
3. Biryukov, D. S. (n.d.). On the feasibility and specific features of defining critical infrastructure in Ukraine [Analytical note]. NISS. <http://www.niss.gov.ua/articles/1026/>
4. Bobro, D. H. (2015). Defining assessment criteria and threats to critical infrastructure. *Strategic Priorities*, 4(37), 83–93. <http://sp.niss.gov.ua/content/articles/files/10-1457002140.pdf>
5. Chepko, I. B., Lapitskyi, S. V., Hul'tiaiev, A. A., Hupalo, A. Yu., & Chepura, M. M. (2017). Organization of counteraction to “hybrid warfare” in modern conditions: Technical aspect. *Armament and Military Equipment*, 1(13), 3–8.
6. General Staff of the Armed Forces of Ukraine. (2015). Analysis of combat operations in Eastern Ukraine during the winter campaign of 2014–2015. <https://www.mil.gov.ua/news/2015/12/23/analiz-bojovih-dij-na-shodi-ukraini-v-hodi-zimovoi-kampanii-2014%E2%80%932015-rokiv--16785>
7. Organization for Security and Co-operation in Europe. (n.d.). Daily and operational reports of the Special Monitoring Mission to Ukraine. <https://www.osce.org/uk/special-monitoring-mission-to-ukraine>
8. Bobrikov, A. A. (2006). Evaluation of the effectiveness of fire damage by missile strikes and artillery fire. Galeya Print.
9. Borshchevsky, S. B. (1970). Ground artillery firing (V. I. Kolesov, Ed.). Military Publishing House of the Ministry of Defense of the USSR.
10. Zhuravlov, O. O., & Ivanets, M. H. (2012). Model for assessing the parameters of the dynamic field of striking elements formed during the explosion of a single unguided fragmentation-high-explosive combat element. *Weapons Systems and Military Equipment*, 2(30), 55–58.
11. Grekov, V. P., Zhuravlov, O. O., & Tkachenko, Yu. A. (2019). Method for assessing the area of fragmentation damage of a cluster warhead of a rocket with fragmentation-high-explosive elements. *Weapons Systems and Military Equipment*, 1(57), 77–84. <https://doi.org/10.30748/soivt.2019.57.11>
12. Krëpa, V. G. (1984). Combat use of missile troops and artillery in operations. M. I. Kalinin Military Artillery Academy.
13. Alimpiev, A. M., Pievtsov, H. V., Hryb, D. A., Antonov, A. V., et al. (2015). ATO participant's handbook: Weapons and military equipment of the Armed Forces of the Russian Federation (A. M. Alimpiev, Ed.). Oryhinal.
14. Kolmogorov, A. N. (1945). The number of hits with several shots and general principles for evaluating the effectiveness of a firing system. *Proceedings of the Steklov Mathematical Institute*, 12, 7–25.
15. Chumachenko, S. M., Murasov, R. K., & Melnyk, Ya. V. (2021). Theoretical and methodological foundations of information analysis of ecological and technogenic threats to potentially dangerous critical infrastructure facilities in the conditions of armed conflict in Eastern Ukraine. *Modern Information Technologies in the Sphere of Security and Defense*, 1(40), 117–122.

## КОМПЛЕКСНА СИСТЕМА ЗАХИСТУ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

### Роман ЯКОВЧУК

доктор технічних наук, доцент, начальник навчально-наукового інституту цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
r.yakovchuk@ldubgd.edu.ua, ORCID: 0000-0001-5523-5569

### Андрій ГАВРИСЬ

кандидат технічних наук, доцент, заступник начальника кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
Navrys.AND@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2527-7906

### Вікторія ФІЛІПОВА

ад'юнкт денної форми здобуття освіти докторантури-ад'юнктури Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
filippova99@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0771-1975

### Назарій ТУР

здобувач четвертого (освітньо-наукового) рівня вищої освіти Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
rptb2020@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0557-5351

У дослідженні розглядаються проблеми захисту об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ) України в умовах повномасштабної збройної агресії. Проведено інформаційно-аналітичний огляд атак на інфраструктурні об'єкти за період 2022-2024 років із використанням різних видів озброєння.

Обґрунтовано необхідність комплексного підходу до безпеки, що охоплює організаційні, технічні, інформаційні та кадрові компоненти.

Представлено узагальнену блок-схему заходів із захисту критичної та енергетичної інфраструктури та запропоновано інтеграцію міжнародного досвіду до національних рішень.

**Мета дослідження:** сформуванню науково обґрунтований підхід до зміцнення захисту об'єктів критичної інфраструктури України в умовах воєнного стану шляхом аналізу сучасних загроз, статистичних тенденцій атак, систем ризик-менеджменту та практик міжнародного досвіду.

**Методи дослідження:** інформаційно-аналітичний метод, порівняльний аналіз, системний аналіз, методи ризик-менеджменту.

**Результати:** на основі дослідження встановлено, що з 2022 до 2024 року понад 2110 об'єктів критичної інфраструктури зазнали уражень, з яких 425 – об'єкти енергетики; найбільш поширені загрози: ракетні обстріли, удари БпЛА, кібератаки; запропоновано структуру інтегрованого підходу до захисту, що включає: прогнозування загроз, раннє виявлення, інженерний та цифровий захист; узагальнено міжнародні практики управління стійкістю, сформовано блок-схеми стратегічного захисту критичної та енергетичної інфраструктури [1].

**Теоретична цінність дослідження:** теоретична цінність полягає у розвитку концептуального підходу до аналізу системи захисту об'єктів критичної інфраструктури як складної соціотехнічної системи в умовах гібридної війни. Узагальнено положення щодо мультидисциплінарного ризик-менеджменту.

**Практична цінність дослідження:** практичні результати можуть бути використані при розробці державних програм із захисту критичних об'єктів; у процесі модернізації систем енергозабезпечення; під час планування оборонних інженерних заходів на об'єктах а також при підготовці персоналу.

**Оригінальність:** дослідження об'єднує статистичні дані про ураження критичної інфраструктури, блок-схемне відображення заходів безпеки та міжнародні підходи до управління ризиками, створюючи цілісну модель захисту у воєнних умовах.

**Обмеження дослідження:** деякі обмеження пов'язані з неповнотою або засекреченістю статистичних даних про ураження військових та інших об'єктів.

**Майбутні дослідження:** перспективним напрямом подальших досліджень є створення математичних моделей для прогнозування деструктивного ефекту на інфраструктуру.

**Ключові слова:** критична інфраструктура, воєнний стан, енергетична безпека, ризик-менеджмент, системний аналіз, обстріли.

## COMPREHENSIVE PROTECTION SYSTEM FOR UKRAINE'S CRITICAL INFRASTRUCTURE UNDER MARTIAL LAW

**Roman YAKOVCHUK**

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Educational and Scientific Institute of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety,  
r.yakovchuk@ldubgd.edu.ua, ORCID: 0000-0001-5523-5569

**Andrii HAVRYS**

PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Head of the Department of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety,  
Havrys.AND@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2527-7906

**Viktoriiia FILIPPOVA**

Adjunct of the Full-Time Doctoral (PhD) Program, Lviv State University of Life Safety,  
filippova99@ukr.net, ORCID: 0000-0003-0771-1975

**Nazarii TUR**

Graduate of the third (educational and scientific) level of higher education at the Lviv State University of Life Safety,  
rptb2020@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0557-5351

The article addresses the challenges of protecting critical infrastructure facilities in Ukraine under conditions of full-scale armed aggression. An information and analytical overview of attacks on infrastructure objects during 2022-2024 is provided, covering the use of various types of weaponry, including missiles, Shahed-136 drones, aerial bombs, and S-300/S-400 systems.

The necessity for a comprehensive security approach is substantiated—one that integrates organizational, technical, informational, and human resource components.

A generalized block diagram of measures for the protection of critical and energy infrastructure is presented, including automated monitoring systems, cybersecurity solutions, engineering shelters, and intelligent risk management tools.

The integration of international practices into national protection systems is proposed.

**Purpose:** to develop a scientifically grounded approach to strengthening the protection of Ukraine's critical infrastructure under martial law through the analysis of current threats, statistical trends of attacks, risk management systems, and international practices.

**Method:** information and analytical method, comparative analysis, systems analysis, and risk management methodologies.

**Findings:** the study established that over 2,110 critical infrastructure facilities were damaged between 2022 and 2024, including 425 energy sector objects.

The most common threats were missile strikes, UAV attacks, and cyber incidents.

An integrated protection framework is proposed, which includes threat forecasting, early detection, engineering and digital protection.

International resilience management practices have been generalized (ISO 31000, cybersecurity models, blockchain-based solutions, etc.).

Strategic protection block diagrams for critical and energy infrastructure have been developed (Figures 5-6).

**Theoretical significance:** the theoretical value lies in the development of a conceptual framework for analyzing critical infrastructure protection as a complex sociotechnical system in the context of hybrid warfare. Key principles of multidisciplinary risk management have been summarized.

**Practical implications:** the practical findings can be used in the development of state programs for the protection of critical assets, in the modernization of energy supply systems, in the planning of engineering defense measures, and in personnel training.

**Originality:** this study combines statistical data on infrastructure damage, block-diagram representations of protective measures, and international risk management practices to form an integrated protection model under conditions of war.

**Research Limitations:** some limitations are due to the incompleteness or confidentiality of statistical data on the damage to military infrastructure.

**Future Research:** a promising direction for further research is the development of mathematical models to forecast the destructive impact on infrastructure.

**Keywords:** critical infrastructure, martial law, energy security, risk management, systems analysis, missile attacks.

## Вступ

У XXI столітті критична інфраструктура постає не лише як сукупність об'єктів технічного забезпечення, а як складна соціотехнічна система, від надійності якої залежить стабільність функціонування держави в умовах надзвичайних ситуацій. Особливої актуальності ця проблема набуває в Україні – країні, яка з 2022 року є об'єктом збройної агресії з боку російської федерації. Масовані атаки на об'єкти енергетики, транспорту, комунального господарства, медицини та зв'язку показали, що критична інфраструктура стала не лише інженерною, але й стратегічною мішенню, виведення з ладу якої призводить до серйозних соціальних і гуманітарних криз.

Особливість сучасної війни полягає у її гібридному характері, що поєднує фізичні атаки із кібератаками, інформаційними впливами, економічним тиском. У цьому контексті критична інфраструктура стає вразливою з усіх боків – як до прямих ракетних ударів, так і до цифрових збоїв, диверсій, знищення ланцюгів постачання, перешкод у логістиці та комунікаціях. Більше того, об'єкти інфраструктури нерідко стають інструментом для створення тиску на цивільне населення, що свідчить про наявність цілеспрямованої стратегії ворога щодо ескалації соціальної напруги.

Український досвід, на жаль, уже продемонстрував масштабні наслідки таких дій. У періоди осінньо-зимових кампаній 2022-2024 років сотні населених пунктів залишались без світла, тепла і зв'язку внаслідок ударів по енергетичних об'єктах. Деякі регіони втрачали доступ до питної води через порушення роботи насосних станцій. Було уражено великі об'єкти паливно-енергетичного комплексу, трансформаторні підстанції, магістральні лінії, диспетчерські центри. Наслідки таких атак проявляються не лише в економічному вимірі, а й у сфері гуманітарної безпеки, охорони здоров'я, соціальної стабільності.

Окрім фізичних загроз, особливе занепокоєння викликають кібератаки, які дедалі частіше супроводжують ракетні обстріли. Відомо про численні випадки спроб втручання у роботу SCADA-систем, злам операторських серверів, саботаж енергетичних процесів. У 2023-2024 роках було зафіксовано складні багаторівневі атаки на цифрові системи управління інфраструктурою, які поєднували елементи соціальної інженерії, шкідливого програмного забезпечення та DDoS-кампаній. Така багатовекторність загроз вимагає перегляду традиційного підходу до безпеки – від простої охорони об'єктів до формування цілісної

системи управління ризиками, де кожен рівень – організаційний, технічний, інформаційний, людський – має бути інтегрований в єдину стратегію.

Україна вже має певні напрацювання в цій сфері. Зокрема, прийнято Закон України від 16.11.2021 року № 1882-IX «Про критичну інфраструктуру», постанову Кабінету Міністрів України від 22.07.2022 року № 821 «Про затвердження Порядку проведення моніторингу рівня безпеки об'єктів критичної інфраструктури», де визначено ключові сектори та об'єкти, виведення з ладу яких спричиняє загрозу національній безпеці. Проте існуюча система має низку обмежень, таких як відсутність координаційного центру, який би об'єднував інформацію з різних секторів, фрагментованість підходів, нерівномірний рівень захисту в регіонах, нестача підготовленого персоналу та технічна застарілість багатьох об'єктів [2,3].

У цьому контексті дослідження, викладене в даній роботі, має на меті сформулювати науково обґрунтований, практично застосовний та системний підхід до захисту критичної інфраструктури в умовах воєнного часу. Зокрема, аналізуються ключові фактори загроз – фізичні атаки, кіберризик, техногенні аварії, кадрові вразливості, визначається вразливість об'єктів, пропонуються моделі багаторівневого ризик-менеджменту, розглядається міжнародний досвід і пропонуються напрями його адаптації до українських умов.

Важливою складовою дослідження є аналіз статистики атак на інфраструктуру. Це дозволяє побачити динаміку загроз, виявити найбільш атаковані сектори, визначити «вузькі місця» у системі захисту. Особлива увага приділена енергетичній інфраструктурі, яка виявилась найбільш уразливою та водночас стратегічно значущою. Показано, що ефект каскадних відключень, характерний для енергетики, здатен паралізувати цілі регіони та унеможливити роботу багатьох інших важливих секторів.

Водночас сучасна система безпеки інфраструктури повинна передбачати не лише реагування на загрози, але й здатність до адаптації, самовідновлення, гнучкого переналаштування функцій у випадку часткового руйнування. Саме тому концепція «resilience management» (управління стійкістю), яка вже давно впроваджується у країнах НАТО та ЄС, має стати базовою для формування національної стратегії України. Йдеться про здатність об'єктів критичної інфраструктури до швидкого відновлення своєї працездатності, необхідності резервних ліній, мобільних рішень, автоматизованих систем раннього попередження, засобів цифрового моніторингу та інструментів антикризового реагування.

У цьому контексті особливе місце займають новітні технології. Використання блокчейну для захисту ланцюгів постачання, впровадження цифрових двійників об'єктів для прогнозування наслідків атак, використання штучного інтелекту для моделювання загроз і оптимізації процесу прийняття рішень, розгортання IoT-мереж для моніторингу – усе це вже не футурологія, а елементи сучасного ризик-менеджменту. Важливо забезпечити інтеграцію цих технологій у національну систему безпеки, з урахуванням українських реалій – обмежених ресурсів, високої інтенсивності атак, постійної зміни тактики ворога.

### **Теоретичні основи дослідження**

З огляду на виклики сучасної війни, критична інфраструктура дедалі частіше розглядається не лише як технічна система, а як складний взаємопов'язаний простір, що забезпечує життєдіяльність держави та її громадян. В умовах цілеспрямованого ураження об'єктів критичної інфраструктури, постає потреба у перегляді теоретичних засад її захисту.

У науковому середовищі сформовано низку концептуальних підходів, які дозволяють комплексно оцінювати вразливість таких об'єктів і вибудовувати ефективні стратегії реагування. Одним із базових є системний підхід, згідно з яким інфраструктура трактується як багаторівнева структура із множинними взаємозалежностями. Це дає змогу розглядати пошкодження одного елемента не як ізольовану подію, а як потенційний поштовх до каскадних збоїв у суміжних секторах.

Наступним важливим підґрунтям є ризик-орієнтоване управління, що акцентує увагу на аналізі ймовірних загроз, ступеня вразливості об'єктів і масштабів можливих наслідків. У цьому контексті широко застосовуються положення стандарту ДСТУ ISO 31000:2018 «Менеджмент ризиків. Принципи та настанови», який надає методологічну основу для

побудови політики безпеки в умовах невизначеності. Проте в реаліях воєнного стану класичні підходи потребують адаптації: загрози змінюються швидко, ресурси обмежені, а об'єкти – часто застарілі або розташовані в зонах підвищеної небезпеки [4].

Із розвитком концепції «resilience» у науковому дискурсі з'являється нова логіка – не лише запобігати, а й забезпечувати здатність системи до самостійного відновлення, такий підхід, відомий як управління стійкістю. Йдеться про послідовність дій, таких як здатність чинити опір, зберігати функціональність, адаптуватися та оперативно повертатися до нормального стану. У разі пошкодження, наприклад, енергетичного вузла, система повинна не лише сигналізувати про інцидент, а й автоматично переключатися на резервне джерело живлення чи маршрутизацію енергопотоків.

Інтеграція цих підходів на практиці вимагає мультидисциплінарного бачення. Технічні рішення мають поєднуватися з правовими регуляціями, організаційною готовністю, інформаційною прозорістю, інноваційними технологіями. Зокрема, сучасні цифрові інструменти – системи ситуаційної обізнаності, геоінформаційні платформи, блокчейн для безпечного зберігання даних, штучний інтелект для аналізу аномалій – все активніше інтегруються в інфраструктурні рішення. Не менш важливою залишається людська складова – підготовка персоналу, здатного діяти в умовах надзвичайних ситуацій, та формування культури стійкості на рівні управління.

В українських умовах специфікою є одночасна присутність традиційних інженерних вразливостей і новітніх цифрових викликів. Законодавча база визначає об'єкти критичної інфраструктури та вимоги до їхнього захисту але на практиці існує фрагментація системи управління, відсутність інтегрованого національного реєстру ризиків, недостатня міжвідомча координація та різний рівень готовності суб'єктів інфраструктури до реагування на загрози.

Таким чином, теоретичні засади захисту критичної інфраструктури сьогодні базуються на поєднанні класичних та новітніх підходів. Вони вимагають постійного оновлення з урахуванням специфіки воєнного конфлікту, асиметричних загроз і стрімкого розвитку технологій. Побудова ефективної системи безпеки повинна спиратися на адаптивні стратегії, міжгалузеву співпрацю, цифрову трансформацію та глибоку аналітику – що і становить предмет подальшого розгляду у цьому дослідженні.

### **Постановка проблеми**

З початку повномасштабного вторгнення в Україну об'єкти критичної інфраструктури стали однією з головних цілей ворога. Це обумовлено їхньою стратегічною важливістю, тому що знеструмлення регіону, виведення з ладу зв'язку чи водопостачання, руйнування транспортних вузлів паралізує не лише цивільне життя, а й оборонну здатність держави і виникає проблема національного масштабу – як забезпечити безперервне функціонування критичної інфраструктури в умовах постійних загроз і браку ресурсів?

Ключовими загрозами виступають воєнні атаки та диверсії, кіберзагрози, техногенні фактори, низька готовність персоналу до кризових сценаріїв та недостатня координація між органами влади, силовими структурами та приватними операторами інфраструктури.

Аналіз обстрілів є важливим для розуміння масштабів та тенденцій атак, з якими стикнулася Україна з початку 2022 року. Використовуючи статистичні дані, засобами масової інформації та Інтернет-ресурси змогли визначити приблизну кількість обстрілів та потенційні об'єкти ураження. Представлені статистичні дані мають на меті ознайомити та допомогти у плануванні відповідних заходів для підвищення безпеки об'єктів [5].

На рисунку 1 висвітлено кількість обстрілів ракетами (рис. 1а), БпЛА типу Shahed-136 (рис. 1б) та установками С-300/С-400 (рис. 1в), завданих по військових об'єктах, цивільних об'єктах та об'єктах критичної інфраструктури від початку повномасштабного вторгнення до кінця 2022 року. Як бачимо з рисунка 1а та 1б в перший рік повномасштабного вторгнення, ураження об'єктів, спричинені ракетами значно переважають ураження від БпЛА типу Shahed-136, оскільки перший БпЛА був зафіксований та збитий у Харківській області 12 вересня 2022 року більше ніж після 6 місяців від початку війни та після того, як ворог отримав їх від своїх союзників у бойове використання.

На рисунку 1в висвітлено дані щодо ураження об'єктів інфраструктури з зенітно-ракетних комплексів середнього радіуса дії. 18 червня 2022 року агресор вперше обстріляв територію України з комплексу С-300.

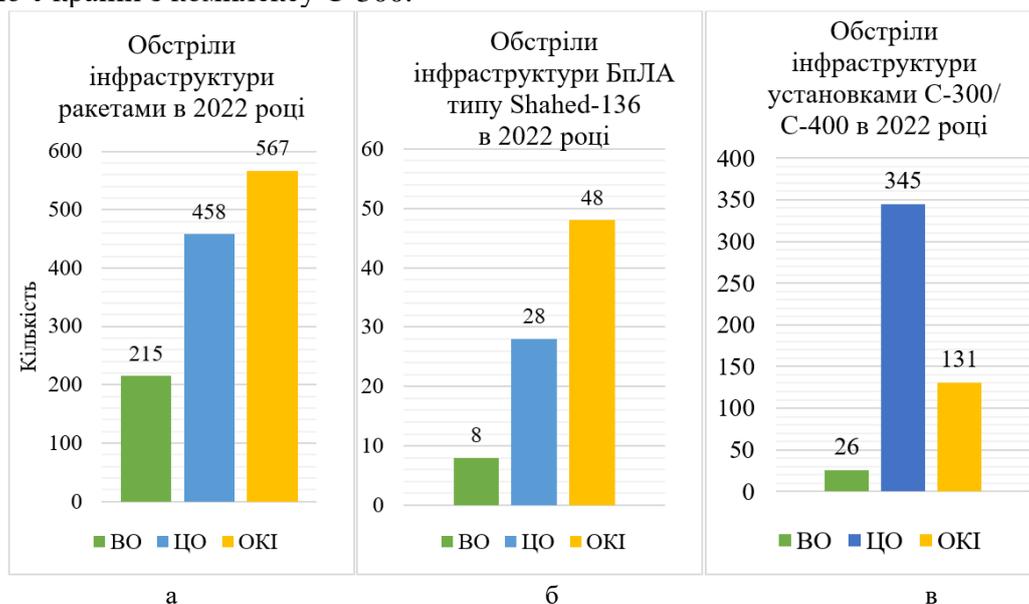


Рисунок 1 – Обстріли інфраструктури України в 2022 році відповідно до даних з [1]

На другому році війни окупанти зосередились на обстрілах цивільної інфраструктури. Як бачимо, на рисунку 2 висвітлено дані щодо ураження об'єктів інфраструктури України в 2023 році, де можна помітити значну перевагу обстрілів цивільної інфраструктури над військовою та дещо більшою ніж ураження об'єктів критичної інфраструктури. На рисунку 2а в порівнянні з попереднім роком кількість ураження об'єктів ракетами зменшилась, але на рисунку 2б чітко проглядається зростання ударів по об'єктах Shahed-136.

На рисунку 2в в порівнянні з попереднім роком зменшилась кількість ураження об'єктів інфраструктури з установок С-300/С-400. Це пов'язано із більш масовим застосуванням БПЛА типу Shahed-136.

Варто зазначити, що статистика по об'єктах військової інфраструктури значно зменшилась, але це не означає, що і зменшилась кількість обстрілів військової інфраструктури, тому що дані щодо ураження такої інфраструктури не завжди висвітлювали в ЗМІ, з безпекових міркувань.

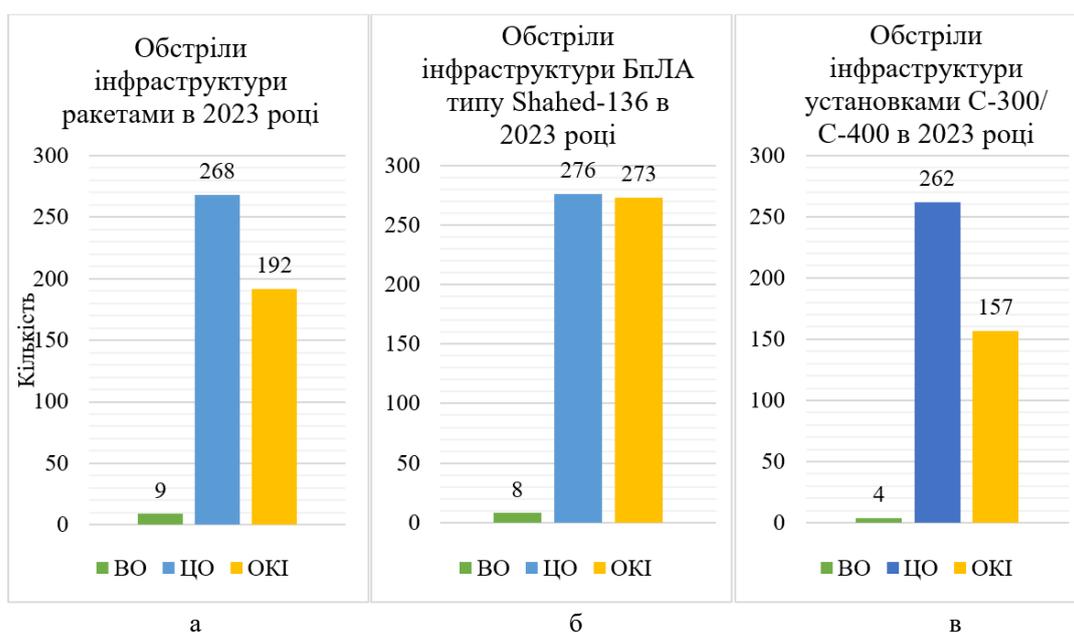


Рисунок 2 – Обстріли інфраструктури України в 2023 році відповідно до даних з [1]

В 2024 році кількість обстрілів країни не зменшилась. Ворог активно почав застосовувати нові види зброї та завдавати ударів по інфраструктурі країни.

На рисунку 3, помітно, що зросла активність використання ракет та продовжувалось нанесення ударів за допомогою БпЛА типу Shahed-136 і С-300/С-400.

Обстріли цивільної інфраструктури знову залишалися на першому місці, як і в минулому році в порівнянні з критичною та військовою інфраструктурою.

На рисунку 3а можна побачити, що збільшилась кількість уражень об'єктів критичної інфраструктури та незначно виросла статистика обстрілів військових об'єктів в порівнянні з минулим роком.

Дані з рисунка 3б та 3в такі ж як і минулорічні щодо ураження цивільних об'єктів та об'єктів критичної інфраструктури. Дані про обстріли військових об'єктів з С-300/С-400 не були представлені в засобах масової інформації та Інтернет-ресурсах.

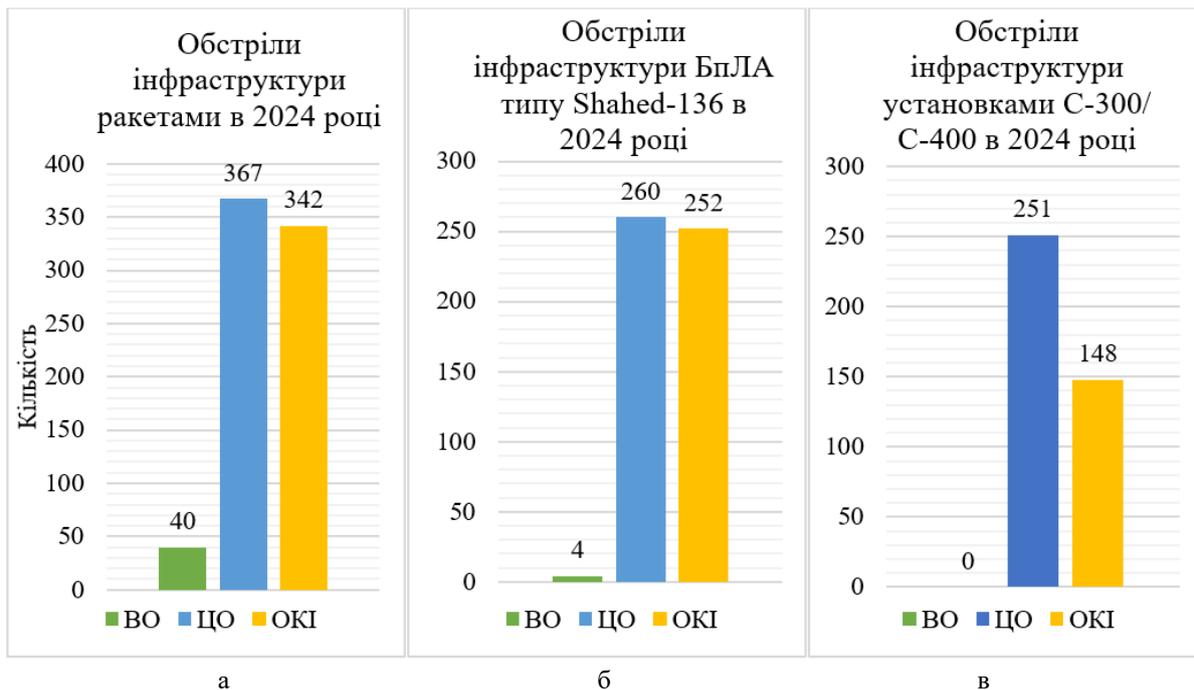


Рисунок 3 – Обстріли інфраструктури України в 2024 році відповідно до даних з [1]

Аналізуючи статистику обстрілів інфраструктури України та озброєння, з якого уражали об'єкти з настанням 2024 року, помітно збільшилась кількість використання авіабомбових ударів. Оскільки інформація щодо місць скидання, кількості та наслідків ударів, є неточною, ця інформація тут не висвітлена. Однак, кількість атак з такого озброєння постійно збільшувалась на північно-східній, східній та південно-східній території України.

Підсумовуючи вищенаведену статистику з рисунків за період повномасштабного вторгнення, ворог завдав як мінімум 314 ударів по військових об'єктах, приблизно 2515 – по цивільних об'єктах та уразив щонайменше 2110 об'єктів критичної інфраструктури.

З аналізу ударів по інфраструктурі України бачимо, що значній атаці підпадають об'єкти критичної інфраструктури. Згідно з [2], до переліку секторів критичної інфраструктури входить і паливно-енергетичний комплекс, що включає електроенергетику. Енергетична інфраструктура забезпечує роботу практично всіх інших галузей, тому руйнування або порушення роботи таких об'єктів спричиняє серйозні перебої в життєдіяльності населення та робить енергетичну систему основною ціллю для ворога.

Із статистичних даних, наведених на рисунку 4, проаналізувавши обстріли об'єктів критичної інфраструктури за час повномасштабного вторгнення 2022-2024 років, можна відслідкувати тенденцію ураження об'єктів енергетики з початку війни.

У 2022 році були уражені 193 об'єкти енергетики з 746 об'єктів критичної інфраструктури, у 2023 році – 65 об'єктів із 622, а в 2024 – 167 об'єктів із 742 відповідно.

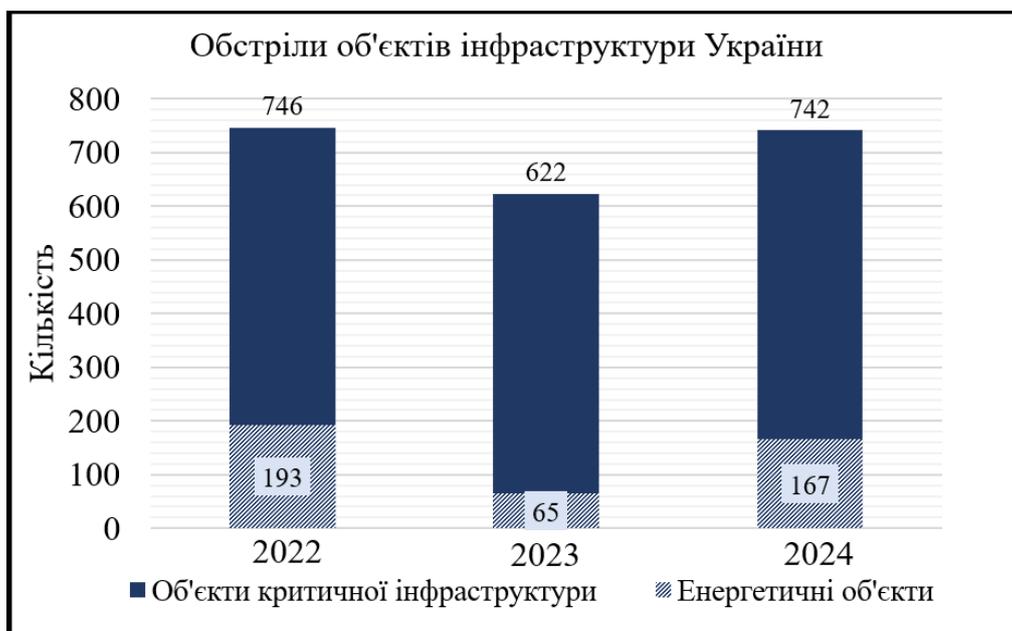


Рисунок 4 – Обстріли критичної та енергетичної інфраструктури України під час повномасштабного вторгнення, відповідно до даних з [1]

Такі атаки призводять до знеструмлення цілих регіонів, дестабілізуючи населення країни та створюючи проблеми в життєво необхідних комунікацій, таких як світло, тепло та водопостачання, насамперед, в період похолодання. Варто зазначити, що енергетична інфраструктура для нашої держави є ключовою для забезпечення більшості вагомих сфер економіки держави та експорту електроенергії закордон, тому це свідчить про потребу в оновленні підходів до захисту.

#### Ризик-менеджмент та міжнародний досвід

У контексті збройної агресії проти України ризик-менеджмент не слід бути лише формальною процедурою або вимогою стандартів – він повинен трансформуватися у центральний інструмент управління стабільністю держави. Захист критичної інфраструктури більше не може спиратись лише на історичні оцінки або шаблонні підходи. Нові реалії – постійні атаки, змінні вектори загроз, комбіновані способи ураження – вимагають динамічного ризик-менеджменту, який здатен не лише аналізувати, а й оперативно реагувати. Система оцінки ризиків у таких умовах має бути орієнтованою на прогнозування впливу, а не просто на ймовірність події [6, 7].

При цьому особливістю української ситуації є потреба у стратегічній адаптації міжнародних підходів, з урахуванням обмеженого фінансування, розірваних логістичних ланцюгів, фрагментації відповідальності за безпеку. Досвід Ізраїлю, США, ЄС, НАТО має значення лише в тій мірі, в якій його можна перетворити в модульні, мобільні, цифрові рішення, які можна застосувати на місцях у реальних кризових ситуаціях – про це йдеться в підрозділі 4.2.

#### Ключові складові ефективного ризик-менеджменту

Система безпеки критично важливих об'єктів в Україні потребує переосмислення в умовах воєнної дійсності, де класичні моделі захисту виявилися малоефективними. Для забезпечення функціональної надійності інфраструктури недостатньо лише укріплення фізичних споруд – необхідно створювати цілісні підходи до управління ризиками, що враховують швидкозмінний характер загроз, обмеженість ресурсів та невизначеність середовища.

В умовах постійного тиску на державні системи забезпечення – від енергетики до транспорту – виникає потреба у побудові гнучких механізмів оцінки небезпек. Ризик-менеджмент у такому контексті розглядається не лише як інструмент запобігання втратам, а як основа для підтримання стійкості та життєздатності інфраструктурних ланцюгів.

Особливість української ситуації полягає у тому, що інфраструктурні об'єкти перебувають під постійною загрозою не лише у фізичному, а й у цифровому вимірах. Високий рівень взаємозалежності між системами призводить до того, що навіть незначне пошкодження

одного елементу – наприклад, регіональної підстанції – може призвести до масштабних перебоїв у роботі систем зв'язку, лікарень, водозабезпечення чи транспортної логістики.

У цьому контексті необхідно впроваджувати ризик-менеджмент як стратегічну функцію управління, що охоплює:

- регулярне виявлення загроз, з урахуванням регіональної специфіки та характеру об'єкта;
- оцінку рівня потенційної шкоди, що може бути завдана через цілеспрямовану атаку або технічну несправність;
- визначення пріоритетності реагування, залежно від критичності функцій об'єкта для держави чи регіону.

На відміну від класичних моделей, які часто ґрунтуються на статистичних прогнозах, сучасні українські умови вимагають переваги сценарного моделювання: аналізу наслідків за умови одночасних загроз, багатовекторних атак чи комбінованих дій противника. Такий підхід дозволяє формувати план дій не лише на випадок одиначної події, а для складних кризових сценаріїв.

Наразі одним із головних бар'єрів є відсутність оперативної аналітичної системи, яка могла б зводити в єдину картину дані з різних джерел – державних служб, приватних операторів, місцевої влади. Такий розрив в обміні інформацією ускладнює прийняття рішень у режимі реального часу, що особливо критично у разі масованих обстрілів або кіберінцидентів.

Проблемним також залишається людський фактор – брак підготовлених фахівців із ризик-аналізу, кризового реагування, кіберзахисту на місцях. Потреба у спеціалізованих навчальних програмах і центрів сертифікації набуває першочергового значення, оскільки без належної кадрової бази жодна система безпеки не зможе функціонувати належним чином [8].

Крім організаційної складової, нагальною є модернізація інструментів моніторингу та прогнозування. Впровадження датчиків вразливості, створення цифрових копій об'єктів (digital twins), використання штучного інтелекту для аналізу відхилень у поведінці систем – усе це повинно бути інтегровано у сучасну модель ризик-менеджменту.

Не менш важливим є поступове впровадження механізмів прийняття ризику. Частина об'єктів, особливо на прифронтових територіях, не може бути повністю захищена фізично. У таких випадках держава має приймати зважене рішення про допустимий рівень ризику, альтернативні способи забезпечення послуг (мобільні системи, резервне енергоживлення, дублювання функцій в інших регіонах).

Тому, ризик-менеджмент у сфері критичної інфраструктури України має вийти за межі формальних протоколів і стати дієвим інструментом управлінських рішень та ґрунтуватися на постійній адаптації до змін, інтеграції технологій та міжсекторній взаємодії. У протистоянні сучасним загрозам лише гнучка, оперативна й інтелектуально керована система ризик-менеджменту здатна забезпечити збереження функціональності держави [9].

### **Міжнародний досвід захисту критичної інфраструктури**

Захист критичної інфраструктури давно посідає пріоритетне місце у стратегіях національної безпеки провідних країн світу. Як показує аналіз міжнародного досвіду, найбільш ефективні моделі забезпечення стійкості інфраструктурних систем базуються на принципах міжвідомчої координації, інтеграції цифрових технологій, багаторівневої оцінки ризиків та активної участі приватного сектору. Особливої актуальності набувають практики тих країн, які стикалися з прямими загрозами терористичного, гібридного або кіберхарактеру – Сполучених Штатів, Ізраїлю, країн-членів НАТО та Європейського Союзу.

### **Національна система управління інфраструктурними ризиками Сполучених Штатів Америки**

У Сполучених Штатах проблема захисту критичних об'єктів почала активно опрацьовуватись після подій 11 вересня 2001 року. Було створено Департамент внутрішньої безпеки США (DHS), до структури якого увійшов Національний центр захисту критичної інфраструктури (NCCIC). На законодавчому рівні функціонує Patriot Act, а також

Національний план захисту критичної інфраструктури (NIPP), що встановлює єдину методологію і стандарти захисту для всіх 16 ключових секторів, включаючи енергетику, охорону здоров'я, фінанси, транспорт тощо.

Ключова особливість американського підходу – це державно-приватне партнерство. Більшість об'єктів критичної інфраструктури у США належить приватному сектору, тому держава виконує функцію координатора, аналітичного центру та регулятора. Значну увагу приділено кіберзагрозам, для боротьби з якими запроваджено обов'язкову багаторівневу аутентифікацію доступу, стандарти NIST (Національного інституту стандартів і технологій), а також принципи zero trust architecture.

#### **Ізраїльська модель гнучкої стійкості під постійною загрозою**

Ізраїльський досвід є унікальним прикладом адаптивної безпеки в умовах постійної загрози воєнного та терористичного характеру. Уряд Ізраїлю створив Національний штаб кібербезпеки, а також Центр управління надзвичайними ситуаціями, який координує всі дії у разі ураження об'єктів інфраструктури. Особлива увага приділяється сценарному плануванню: кожен об'єкт має не лише план безперебійної роботи, а й план швидкого відновлення.

У рамках концепції національної стійкості (national resilience), активно застосовуються децентралізовані моделі управління: регіони мають автономію у прийнятті рішень під час кризи, а критичні послуги – дублювання через мобільні або тимчасові системи. Поширено використання штучного інтелекту для виявлення загроз, а також систем цифрового двійника інфраструктурних об'єктів для прогнозування поведінки під час атак.

#### **Регламентоване багаторівневе управління в Європейському Союзі**

У межах ЄС захист критичної інфраструктури регулюється Директивою 2008/114/ЄС, а з 2022 року – оновленим Регламентом CER (Critical Entities Resilience), який передбачає обов'язкову ідентифікацію критичних об'єктів, створення планів забезпечення безперервності та оцінку ризиків із боку незалежних органів. В основі європейського підходу – координація між державами-членами, транскордонна взаємодія та стандартизація вимог до захисту.

ЄС активно інвестує у розробку технологій штучного інтелекту, цифрової стійкості, кібербезпеки через програми Horizon Europe, Digital Europe та EU-CyCLONe. У багатьох країнах-членах ЄС функціонують національні агентства з кібер- та інфраструктурної безпеки, а також регулярно проводяться навчання та змодельовані сценарії дій у кризових ситуаціях.

#### **НАТО. Акцент на кіберзахист і оборону об'єктів подвійного призначення**

Альянс розглядає критичну інфраструктуру як важливу складову колективної безпеки. В рамках Стратегії стійкості НАТО 2021 року, держави-члени зобов'язані підтримувати базові національні функції, включно з постачанням енергії, зв'язком, транспортом, медичними послугами. Акцент робиться на розвідці кіберзагроз, обміні оперативною інформацією та участі військових у захисті стратегічних об'єктів [10-15].

Також створено Центр передового досвіду з кіберзахисту (CCDCOE) у Таллінні (Естонія), який проводить аналітичну і навчальну діяльність, розробляє нормативи реагування на кібератаки проти критичної інфраструктури.

Узагальнюючи міжнародні практики, можна виокремити кілька універсальних підходів, що довели свою ефективність, такі як:

- системна міжвідомча взаємодія з чітким розподілом відповідальності;
- залучення приватного сектору до процесу захисту;
- регулярне оновлення ризик-аналізу на основі сценаріїв і цифрових моделей;
- автоматизація реагування та впровадження новітніх технологій;
- фінансування досліджень і розробок у сфері кібербезпеки та фізичного захисту;
- міжнародна координація дій у випадку кризових ситуацій.

Україна, інтегруючи подібні підходи у власну систему, може значно підвищити стійкість своїх інфраструктурних об'єктів. При цьому важливо адаптувати міжнародні стандарти з урахуванням реалій тривалого збройного конфлікту, географічних відмінностей, наявних ресурсів та ментальних особливостей управління ризиками в умовах постійної загрози.

#### **Адаптація міжнародного досвіду до українських реалій**

Запропонована модель багаторівневого ризик-менеджменту (рис. 5–6) базується на поєднанні методів оцінки ризиків (класичних і адаптивних), кіберрішень з відкритою архітектурою, автоматизованих систем раннього сповіщення і сценарного планування та підготовки кадрів.

Таке поєднання дозволяє побудувати гнучку, але стійку модель управління ризиками, яка працює в умовах динамічної небезпеки.

Для захисту життєво важливих об'єктів інфраструктури необхідно комплексно використовувати технічні та організаційні рішення, які передбачають декілька підходів, зокрема захист від терористичних та диверсійних атак, гарантування інформаційної безпеки, розробку систем раннього виявлення загроз та створення систем резервного копіювання, які дозволяють оперативно відновлювати працездатність інфраструктури у разі нещасних випадків або нападів. В умовах військового стану важливим критерієм захисту критичної інфраструктури є виявлення та знешкодження фізичних загроз, а також укріплення об'єктів, використовуючи певні конструкції.

На рисунку 5 зображено блок-схему заходів із захисту критичної інфраструктури України під час дії військового стану.



Рисунок 5 – Блок-схема заходів із захисту об'єктів критичної інфраструктури України

Ця блок-схема ілюструє комплексний підхід до захисту критичної інфраструктури, де поєднуються організаційні заходи та технічні інновації для максимального захисту від можливих загроз. Організаційні заходи спрямовані на забезпечення належної координації, розподілу відповідальності, планування, залучення міжнародного досвіду та підготовки персоналу. Технічні заходи спрямовані на моніторинг, управління ризиками, застосування новітніх технологій, фізичний захист об'єктів, розробку систем раннього виявлення загроз та кібербезпеку.

Функціонування та захист енергетичної інфраструктури в умовах воєнного стану є критично важливим елементом національної безпеки. Основними загрозами для цієї сфери

виступають ракетні удари, атаки безпілотників, кібератаки та інші засоби дестабілізації, спрямовані на електростанції, лінії електропередач і ключові енергетичні вузли.

Тому розробка інтегрованих систем управління ризиками є рішучим кроком у забезпеченні безпеки об'єктів енергетичної інфраструктури. Такі системи мають об'єднувати методи оцінки та моніторингу загроз і створювати можливість для швидкого реагування на них. Важливо також застосовувати системний аналіз для визначення впливу пошкоджень одного об'єкта на функціонування всієї інфраструктури.

Необхідним є впровадження багаторівневих стратегій безпеки, які охоплюють фізичний захист, кіберзахист та заходи з оперативного відновлення об'єктів у разі ураження. Автоматизовані системи моніторингу мають забезпечити постійне відстеження стану об'єктів і виявлення ознак пошкоджень або загроз у режимі реального часу.

Доцільним є використання безпілотних літальних апаратів для дистанційного моніторингу, діагностики й огляду об'єктів після атак, що дозволяє суттєво скоротити час реагування та підвищити ефективність відновлювальних робіт. Важливу роль відіграють інтелектуальні системи управління ризиками, які аналізують дані з численних джерел та формують рекомендації для оперативного прийняття рішень.

Окрему увагу слід приділити зміцненню фізичних конструкцій об'єктів енергетичної інфраструктури з метою підвищення їхньої стійкості до прямих атак, зокрема ракетних, дронів та інших засобів ураження. Паралельно необхідно впроваджувати сучасні технології, зокрема кіберстійкі системи, що знижують ризик виведення з ладу інфраструктури внаслідок хакерських атак.

Окрім того, розширене використання технологій блокчейну сприяє забезпеченню надійної передачі та зберігання даних, а також підвищує прозорість і безпеку операцій, пов'язаних з управлінням інфраструктурою. Усі ці заходи формують комплексний підхід до захисту енергетичної інфраструктури, підвищують її стійкість до сучасних загроз і забезпечують стабільність функціонування навіть в умовах кризи [16-18].

На рисунку 6 зображено узагальнені заходи захисту об'єктів енергетичної інфраструктури, які доцільно реалізувати на енергетичних об'єктах України, для зниження ризиків атак, безперебійної роботи об'єктів та оперативне реагування на надзвичайні ситуації.

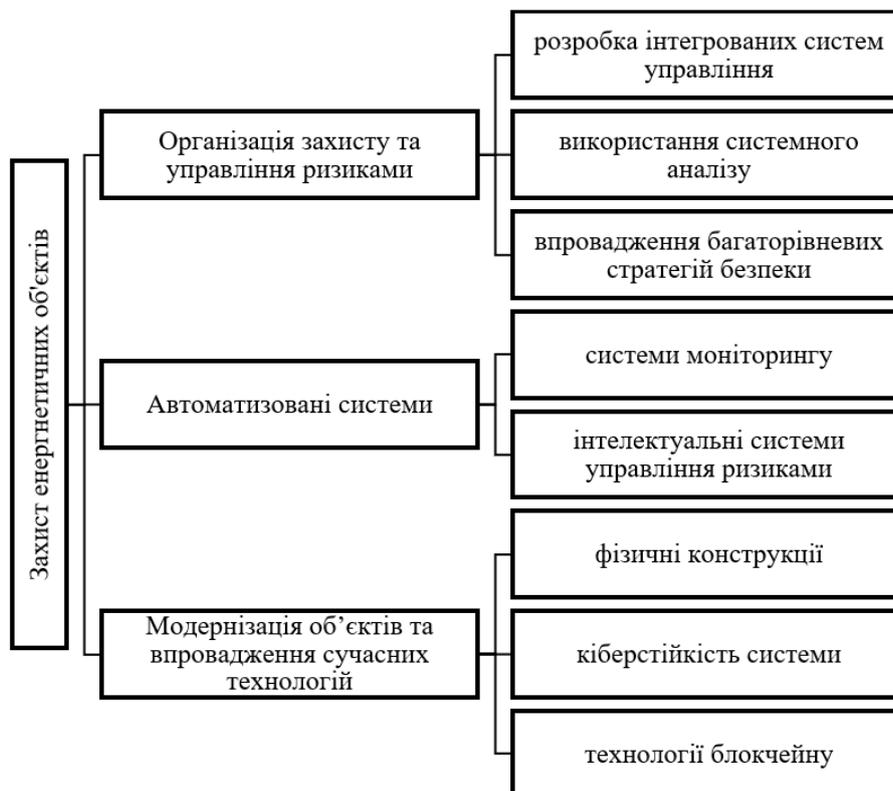


Рисунок 6 – Блок-схема заходів із захисту енергетичної інфраструктури України

Ця блок-схема описує різні аспекти захисту енергетичних об'єктів, та складається з трьох основних напрямків: організація захисту та управління ризиками, автоматизовані системи, модернізація об'єктів та впровадження сучасних технологій.

Організація захисту та управління ризиками передбачає системний підхід до планування та впровадження заходів безпеки на енергетичних об'єктах. Метою наряду є зниження рівня ризиків та забезпечення стійкості об'єктів до різних загроз. Він включає створення єдиних платформ, що дозволяють об'єднувати різні аспекти управління безпекою на одному об'єкті; застосування методик аналізу для оцінки ризиків і виявлення слабких місць в існуючих системах захисту та розробку багатоваріантної структури захисту, що передбачає кілька рівнів безпеки.

Автоматизація відіграє важливу роль у сучасному захисті енергетичних об'єктів, оскільки дає змогу знижувати вплив людського фактора та забезпечує високу точність у моніторингу і реагуванні. До цієї категорії відносяться автоматизовані системи спостереження та збору даних в режимі реального часу та застосування технологій штучного інтелекту для прогнозування ризиків і оптимізації процесу ухвалення рішень.

Модернізація об'єктів та впровадження сучасних технологій зосереджена на підвищенні фізичної та інформаційної безпеки через інновації та модернізацію існуючих об'єктів та включає: будівництво захисних споруд, зміцнення існуючих конструкцій та інші заходи для підвищення стійкості об'єкта до фізичних загроз; використання сучасних технологій шифрування, аутентифікації та засобів запобігання несанкціонованому доступу та впровадження блокчейн-технологій для підвищення прозорості і захищеності операцій.

#### **Організаційно-технічні рішення та інноваційні підходи**

Ефективний захист критичної інфраструктури в умовах воєнного часу передбачає не лише оцінку ризиків і розробку стратегій реагування, але й впровадження конкретних організаційних, технічних та технологічних рішень, які дозволяють зменшити вразливість об'єктів і підвищити їхню стійкість. Дослідження показує, що поєднання класичних методів захисту з інноваційними технологіями створює основу для побудови національної системи стійкої критичної інфраструктури.

#### **Організаційні рішення**

Організаційна складова є основою для ефективної реалізації технічних заходів. Найважливіші рішення у цьому контексті включають:

1. Централізація координації та обміну даними. В умовах постійної загрози необхідна національна платформа обміну інформацією між державними органами, регіональними адміністраціями, операторами критичної інфраструктури та силовими структурами. Такий хаб має включати інструменти ситуаційної обізнаності в реальному часі, спільного аналізу загроз та оперативного управління аварійними ситуаціями.

2. Оновлення нормативно-правової бази, оскільки існуюче законодавство України з питань захисту критичної інфраструктури (наприклад, Закон України від 16.11.2021 року №1882-IX, постанова Кабінету Міністрів України від 22.07.2022 року № 821) потребує удосконалення для включення обов'язкових стандартів стійкості, введення відповідальності за невиконання вимог захисту і легалізації механізмів приватно-державного партнерства в її захисті.

3. Регулярна підготовка та сертифікація персоналу, тому що операторам критичної інфраструктури необхідно вміти діяти у кризових ситуаціях (blackout, обстріли, втрати управління), знати основи кіберзахисту та користування системами раннього виявлення та аварійного відновлення.

4. Оперативні штаби реагування для встановлення локальних/регіональних центрів швидкого реагування з повноваженнями приймати рішення без узгоджень у випадку загроз або атак.

#### **Технічні рішення**

Технічний захист передбачає реалізацію заходів, спрямованих на фізичну безпеку об'єктів, резервування функцій та автоматизацію керування. Найбільш ефективні технічні рішення включають:

- багаторівневу систему електропостачання та резервування (дизельні/газові генератори (автономність щонайменше 72 год); акумуляторні блоки (UPS-системи); мобільні електростанції; альтернативна генерація (сонячні станції з інвертором і акумуляторами).

- фізичне укріплення об'єктів (посилені бетонні укриття для критичних вузлів; використання броньованих конструкцій та захисних кожухів; протидронові сітки, камуфляж, інженерні бар'єри; локальні укриття для персоналу).

- відео- і аудіоаналітика (системи аналізу звуку та зображення для виявлення підльоту дронів; тепловізійний контроль периметрів; автоматичне розпізнавання вторгнень).

- інтелектуальні системи моніторингу (SCADA-системи нового покоління з функціями кіберстійкості; датчики вібрації, температури, диму та перевантаження; інтеграція з геоінформаційними системами).

#### **Інноваційні технології та підходи**

Інновації є визначальним елементом сучасного захисту критичної інфраструктури, особливо у випадках обмежених ресурсів. До перспективних технологічних рішень відносяться:

1. Блокчейн для кіберзахисту (створення незмінних журналів подій; протидія саботажу та внутрішнім загрозам; розмежування доступу до систем критичної інфраструктури (рольові смарт-контракти)).

2. Штучний інтелект і машинне навчання (аналіз аномалій у поведінці систем; автоматична побудова сценаріїв реагування; прогнозування атак на основі поведінкових даних).

3. Інтернет речей (IoT) для об'єктового моніторингу (сенсорні мережі для дистанційного спостереження; передача даних у реальному часі через захищені канали; бездротові модулі на автономному живленні).

4. Цифрові двійники об'єктів (Digital Twins) (віртуальна симуляція об'єкта для тестування поведінки у разі атаки; визначення слабких місць; тренування персоналу).

5. Дрони для оборони та спостереження (патрулювання територій об'єктів; виявлення ворожих безпілотників; використання для пошуку пошкоджень після обстрілів).

#### **Інтеграція технічних і організаційних рішень у національну систему безпеки**

Запропоновані організаційно-технічні рішення не можуть функціонувати автономно – вони мають бути інтегровані у багаторівневу модель захисту.

Захист критичної інфраструктури – це не лише про бетонні укриття чи камери відеоспостереження. Це – інтегрована система, де організація, технології та інновації взаємодіють у реальному часі, формуючи захисне середовище. Україна має всі передумови для впровадження таких рішень – за умови координації, фінансування та політичної волі.

#### **Результати**

Результати дослідження демонструють масштабність і системність загроз для критичної інфраструктури України в умовах воєнного конфлікту. Найбільш вразливими залишаються об'єкти енергетики, транспортного сполучення, зв'язку та водопостачання. Спостерігається перехід агресора від тактики прицільних ударів по військових цілях до системного нищення інфраструктури, що підтримує життєдіяльність населення, зокрема в період осінньо-зимового навантаження.

Одним із ключових викликів є фрагментованість системи управління захистом інфраструктури. Наявні заходи часто реалізуються точково, без комплексної стратегії, міжвідомчої координації та єдиних протоколів реагування. Значну частину об'єктів обслуговують приватні оператори, які не завжди мають достатній рівень захисту чи ресурсів для його забезпечення.

Запропоновані блок-схеми (рис. 5-6) демонструють доцільність переходу до багаторівневої структури захисту, де поєднуються:

- організаційні заходи (координація, підготовка персоналу);
- технічні (укріплення, резервні системи);
- цифрові (моніторинг, кіберзахист, штучний інтелект);

- інформаційно-аналітичні (моделювання ризиків, системи раннього виявлення).
- Водночас, адаптація міжнародного досвіду вимагає врахування українських реалій:
- асиметричність загроз: Україна стикається з ракетними та дронними атаками майже щодня, що потребує не лише стійкості, а й мобільності захисту;
- ресурсні обмеження: необхідність формувати рішення, які можуть бути ефективними навіть при обмеженому фінансуванні;
- високий ступінь непередбачуваності: агресор постійно змінює тактику.

Крім того, важливим чинником є людський ресурс – як на рівні оперативного персоналу об'єктів, так і на рівні управлінських рішень. Необхідна підготовка кадрів, які володіють навичками кризового управління, розумінням технологій кіберзахисту та системного аналізу загроз.

Таким чином, сучасна система захисту критичної інфраструктури має бути динамічною, адаптивною, технологічно гнучкою та глибоко інтегрованою в загальнонаціональну систему безпеки.

### **Висновки**

В дослідженні проаналізовано захист об'єктів критичної інфраструктури України під час військового конфлікту, підкреслюючи складність сучасних загроз і необхідність комплексного підходу.

У роботі чітко підкреслено, що критична інфраструктура є основою життєдіяльності країни, тому що забезпечує функціонування економіки, транспорту, зв'язку та комунальних послуг для населення. Модернізація об'єктів інфраструктури, використання систем моніторингу та посилення фізичного захисту значно підвищують стійкість до атак, включаючи ракетні та кібернетичні загрози.

Також авторами доведено, що захист енергетичних об'єктів є пріоритетом, оскільки енергетичний сектор України є стратегічно важливою частиною інфраструктури, а знищення чи пошкодження об'єктів енергетики призводить до знеструмлення великих регіонів, що в свою чергу паралізує роботу інших важливих установ. Ураження цих об'єктів може ускладнити логістику, ремонт техніки, виробництво зброї та інші оборонні процеси. Відсутність електроенергії та тепла в умовах холодної погоди створює серйозні проблеми для здоров'я громадян України.

У підсумку, в умовах безпрецедентного зростання атак та техногенних загроз, запропоновані заходи покликані не лише підвищити стійкість інфраструктури до руйнувань, але й сприяти стабільності держави та безпеці її громадян. Досвід, отриманий з аналізу міжнародних практик, дозволяє Україні адаптувати ефективні стратегії для захисту критичної інфраструктури, а також розробляти національні підходи, що враховують специфіку сучасного конфлікту та необхідність оперативного реагування. Ці висновки та рекомендації можуть слугувати фундаментом для подальших наукових та прикладних досліджень, спрямованих на формування комплексної системи захисту об'єктів критичної інфраструктури у контексті глобальної та національної безпеки.

### **Список використаних джерел**

1. Статистика повітряних тривог. URL: <https://air-alarms.in.ua/?from=2022-02-24&to=2024-08-30#statistic>.
2. Закон України від 16 листопада 2021 року №1882-IX «Про критичну інфраструктуру».
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 22 липня 2022 р. № 821 «Про затвердження Порядку проведення моніторингу рівня безпеки об'єктів критичної інфраструктури».
4. ДСТУ ISO 31000:2018 Менеджмент ризиків. Принципи та настанови (ISO 31000:2018, IDT).
5. Havrys, A., Filippova, V., & Tur, N. (2024). Інформаційний аналіз систем захисту об'єктів критичної інфраструктури в період дії воєнного стану. Вісник Львівського

державного університету безпеки життєдіяльності, 30, 173-187. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.30.2024.17>.

6. Герасименко О.М. Загрози об'єктам критичної інфраструктури України в умовах воєнного стану. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право. 2024. № 84(3).

7. Іваницька О., Возненко О. Управління ризиками об'єктів критичної інфраструктури. Фінанси України. 2024. № 6. С. 93–107.

8. Арсенович Л.А. Підготовка фахівців у сфері захисту критичної інфраструктури. Таврійський науковий вісник. Серія: Публічне управління та адміністрування. 2023. № 5. С. 3–14.

9. Скіцько О., Ширшов Р. Система управління інформаційною безпекою як інструмент підвищення рівня захисту об'єктів КІ. Міжнародний науковий журнал інженерії та сільського господарства. 2023. № 2(6). С. 12–22.

10. George S., Baskar T., Srikanth P. B. Cyber Threats to Critical Infrastructure: Assessing Vulnerabilities Across Key Sectors. Partners Universal International Innovation Journal. 2024. Vol. 2(1). P. 51–75.

11. Bjarte R., Lange D., Marianthi T., Pursiainen C. From risk management to resilience management in critical infrastructure. Journal of Management in Engineering. 2020. Vol. 36(4).

12. Govea J., Gaibor-Naranjo W., Villegas-Ch W. Securing Critical Infrastructure with Blockchain Technology: An Approach to Cyber-Resilience. Computer. 2024. Vol. 13. P. 122.

13. Alcaraz C., Zeadally S. Critical infrastructure protection: Requirements and challenges for the 21st century. International Journal of Critical Infrastructure Protection. 2015. Vol. 8. P. 53–66.

14. Pursiainen C., Kytömaa E. From European critical infrastructure protection to the resilience of European critical entities. Sustainable and Resilient Infrastructure. 2022. Vol. 8(1). P. 85–101.

15. Lifshitz Sherzer G., Urlainis A., Moya S., Shohet I. Seismic Resilience in Critical Infrastructures: A Power Station Preparedness Case Study. Applied Sciences. 2024. Vol. 14. P. 3835.

16. Чумаченко С.М., Кутовий О.П., Попель В.А., Гуйдра О.Г., Заїка Н.В., Мурасов Р.К. Науково-методичний підхід щодо оцінювання безпеки критичної інфраструктури на основі комплексу засобів захисту її об'єктів від БПЛА і крилатих ракет. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2023. № 1

17. Казьмірук С.Д., Леонов Б.Д., Омельян О.С. Забезпечення кібербезпеки об'єктів критичної інфраструктури на основі використання штучного інтелекту в умовах воєнного стану. Юридичний науковий електронний журнал. 2024. № 6.

18. Коцюруба В.І., Білик А.С. Захист КІ від ракетних ударів через підземне розташування. Ядерна та радіаційна безпека. 2023. № 2(98). С. 69–79.

## References

1. Air Raid Statistics. URL: <https://air-alarms.in.ua/?from=2022-02-24&to=2024-08-30#statistic>

2. Law of Ukraine of November 16, 2021, No. 1882-IX "On Critical Infrastructure".

3. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated July 22, 2022, No. 821 "On Approval of the Procedure for Monitoring the Security Level of Critical Infrastructure Facilities".

4. DSTU ISO 31000:2018 Risk Management. Principles and Guidelines (ISO 31000:2018, IDT).

5. Havrys, A., Filippova, V., & Tur, N. (2024). Information Analysis of Protection Systems for Critical Infrastructure Facilities During Martial Law. Bulletin of the Lviv State University of Life Safety, 30, 173–187. <https://doi.org/10.32447/20784643.30.2024.17>

6. Herasymenko, O. M. (2024). Threats to critical infrastructure facilities in Ukraine under martial law. Scientific Bulletin of Uzhhorod National University. Law Series, 84(3). [In Ukrainian].

7. Ivanytska, O., & Voznenko, O. (2024). Risk management of critical infrastructure facilities. Finance of Ukraine, 6, 93–107. [In Ukrainian].

8. Arsenovych, L. A. (2023). Training specialists in the field of critical infrastructure protection. *Tavriya Scientific Bulletin. Public Administration and Administration Series*, 5, 3–14. [In Ukrainian].
9. Skitsko, O., & Shyrshov, R. (2023). Information security management system as a tool for improving the protection of critical infrastructure facilities. *International Scientific Journal of Engineering and Agriculture*, 2(6), 12–22. [In Ukrainian].
10. George, S., Baskar, T., & Srikanth, P. B. (2024). Cyber threats to critical infrastructure: Assessing vulnerabilities across key sectors. *Partners Universal International Innovation Journal*, 2(1), 51–75.
11. Bjarte, R., Lange, D., Marianthi, T., & Pursiainen, C. (2020). From risk management to resilience management in critical infrastructure. *Journal of Management in Engineering*, 36(4).
12. Govea, J., Gaibor-Naranjo, W., & Villegas-Ch, W. (2024). Securing critical infrastructure with blockchain technology: An approach to cyber-resilience. *Computer*, 13, 122.
13. Alcaraz, C., & Zeadally, S. (2015). Critical infrastructure protection: Requirements and challenges for the 21st century. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 8, 53–66.
14. Pursiainen, C., & Kytömaa, E. (2022). From European critical infrastructure protection to the resilience of European critical entities. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 8(1), 85–101.
15. Lifshitz Sherzer, G., Urlainis, A., Moya, S., & Shohet, I. (2024). Seismic resilience in critical infrastructures: A power station preparedness case study. *Applied Sciences*, 14, 3835.
16. Chumachenko, S. M., Kutovyi, O. P., Popel, V. A., Huidera, O. H., Zaika, N. V., & Murasov, R. K. (2023). Scientific-methodical approach to assessing the security of critical infrastructure based on integrated protection tools against UAVs and cruise missiles. *Scientific Notes of V. I. Vernadsky Taurida National University. Technical Sciences Series*, 1. [In Ukrainian].
17. Kazmiruk, S. D., Leonov, B. D., & Omelian, O. S. (2024). Ensuring cybersecurity of critical infrastructure objects using artificial intelligence under martial law conditions. *Legal Scientific Electronic Journal*, 6. [In Ukrainian].
18. Kotsiuruba, V. I., & Bilyk, A. S. (2023). Protection of critical infrastructure from missile strikes through underground placement. *Nuclear and Radiation Safety*, 2(98), 69–79. [In Ukrainian].

## ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКІВ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

### Ярослав БАЛЛО

доктор технічних наук, старший дослідник, заступник начальника центру-начальник науково дослідного відділу нормативного регулювання науково-дослідного центру нормативно-технічного регулювання Інституту наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України,  
2801397@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9044-1293

### Вадим НІЖНИК

доктор технічних наук, професор, начальник науково-дослідного центру нормативно-технічного регулювання Інститут наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України,  
nignyk@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3370-9027

### Дмитро СЕРЕДА

старший науковий співробітник науково-дослідного сектору дослідження та статистики пожеж науково-дослідного центру нормативно-технічного регулювання Інституту наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України,  
sereda\_dmitro@nuczu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-9645-5864

### Олександр ТЕСЛЕНКО

доктор філософії, заступник начальника науково-дослідного відділу нормативного регулювання науково-дослідного центру нормативно-технічного регулювання Інституту наукових досліджень з цивільного захисту Національного університету цивільного захисту України,  
teslenko\_oleksandr@nuczu.edu.ua, ORCID: 0000-0002-1003-8876.

### Роман ПАЛЬЧИКОВ

аспірант Національного університету цивільного захисту України,  
palchikov1979@ukr.net, ORCID: 0009-0004-7959-571X

**Мета дослідження:** обґрунтування процедури та розробка критеріїв для оцінки стану захищеності об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ), з урахуванням загроз пожеж, техногенних ситуацій та воєнних впливів.

**Методи дослідження:** системний аналіз нормативно-правових актів, моделювання та побудова алгоритму оцінки, інтегративний підхід для комплексного оцінювання загроз.

**Результати:** розроблено "Порядок (методику) визначення оцінки стану захищеності об'єктів критичної інфраструктури", що включає алгоритм оцінювання пожежної, техногенної безпеки, цивільного захисту та інженерного захисту від воєнних впливів. Обґрунтовано критерії оцінки, що враховують взаємозв'язок небезпек.

**Теоретична цінність дослідження:** розширення наукових уявлень про комплексну оцінку захищеності об'єктів інфраструктури, в тому числі вітрових електроустановок, та інтеграцію різних видів загроз.

**Практична цінність дослідження:** надання уніфікованого інструменту для підрозділів ДСНС України, органів місцевого самоврядування для оцінки стану захищеності об'єктів, планування та реалізація заходів із захисту критичної інфраструктури, мінімізації наслідків надзвичайних ситуацій та воєнних впливів.

**Оригінальність/Цінність дослідження:** створення комплексної методики оцінки стану захищеності об'єктів критичної інфраструктури в Україні, що об'єднує різні види загроз (в

тому числі воєнного характеру) та враховує специфіку сучасних енергетичних об'єктів, підвищуючи національну безпеку.

**Обмеження дослідження:** залежність від функціонального призначення об'єкта, необхідність періодичного оновлення коефіцієнтів безпеки, не поширюється на об'єкти військового призначення.

**Ключові слова:** об'єкти критичної інфраструктури, пожежна безпека, техногенна безпека, цивільний захист, методика оцінки стану захищеності.

## FORECASTING RISKS AND PROVIDING FIRE PROTECTION FOR CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES

### Yaroslav BALLO

Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Deputy Head of the Center - Head of the Scientific Research Department of Regulatory Regulation of the Scientific Research Center of Regulatory and Technical Regulation of the Institute for Scientific Research on Civil Protection of the National University of Civil Protection of Ukraine,  
2801397@ukr.net, ORCID: 0000-0002-9044-1293

### Vadym NIZHNYK

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Scientific Research Center of Regulatory and Technical Regulation of the Institute for Scientific Research on Civil Protection of the National University of Civil Protection of Ukraine,  
nignyk@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3370-9027

### Dmytro SEREDA

Senior Researcher of the Scientific Research Sector of Fire Research and Statistics of the Scientific Research Center of Regulatory and Technical Regulation of the Institute for Scientific Research on Civil Protection of the National University of Civil Protection of Ukraine,  
sereda\_dmitro@nuczu.edu.ua, ORCID 0000-0002-9645-5864

### Oleksandr TESLENKO

Doctor of Philosophy, Deputy Head of the Scientific Research Department of Regulatory Regulation of the Scientific Research Center for Regulatory and Technical Regulation of the Institute for Scientific Research on Civil Protection of the National University of Civil Protection of Ukraine,  
teslenko\_oleksandr@nuczu.edu.ua, ORCID 0000-0002-1003-8876.

### Roman PALCHYKOV

Postgraduate student of the National University of Civil Protection of Ukraine,  
palchikov1979@ukr.net, ORCID 0009-0004-7959-571X

**Purpose:** to substantiate the procedure and develop criteria for assessing the protection status of critical infrastructure objects (CIOs), considering the threats of fires, man-made (technogenic) emergencies, and military impacts.

**Design/Method/Approach:** systemic analysis of regulatory legal acts, modeling and development of an assessment algorithm, an integrative approach for comprehensive threat evaluation.

**Findings:** the "Procedure (Methodology) for Determining the Assessment of the Protection Status of Critical Infrastructure Objects" was developed. This includes an algorithm for evaluating fire safety, technogenic (man-made) safety, civil protection, and engineering protection against military impacts. Assessment criteria were substantiated, taking into account the interrelationship of hazards.

**Theoretical implications (if applicable):** expansion of scientific understanding regarding the complex assessment of infrastructure object protection, including wind power installations, and the integration of various types of threats.

**Practical implications (if applicable):** providing a unified tool for units of the State Emergency Service of Ukraine (SESU) and local self-government bodies to assess the protection status of objects, plan and implement measures for critical infrastructure protection, and minimize the consequences of emergencies and military impacts.

**Originality/Value:** creation of a comprehensive methodology for assessing the protection status of critical infrastructure objects in Ukraine, which integrates various types of threats (including those of a military nature) and considers the specifics of modern energy facilities, thereby enhancing national security.

**Research limitations/Future research:** dependence on the functional purpose of the object, the need for periodic updating of safety coefficients, and it does not apply to military facilities.

**Keywords:** critical infrastructure objects, fire safety, technogenic (man-made) safety, civil protection, methodology for assessing protection status.

**1. Вступ.** Захист об'єктів критичної інфраструктури є вкрай важливим завданням, оскільки вона забезпечує основу для сталого функціонування держави, суспільства та економіки. Критична інфраструктура охоплює життєво важливі об'єкти і системи, такі як енергетика (включаючи атомні електростанції, гідроелектростанції, теплові електростанції, а також вітрові електростанції з їх ключовими елементами – вітровими електроустановками), транспортні мережі, комунальне господарство (водопостачання, водовідведення, теплопостачання), охорона здоров'я, фінансовий сектор, інформаційно-комунікаційні технології та системи національної безпеки. Функціональна цілісність та безперервність роботи цих об'єктів, незалежно від їхньої природи (чи то складна інженерна споруда, як атомний реактор, чи висотна вітрова турбіна), є абсолютно необхідною для забезпечення життєдіяльності країни.

Оцінка стану захисту критичної інфраструктури є невід'ємною складовою захисту ОКІ та передбачає аналіз різних аспектів їх безпеки та вразливості з метою забезпечення надійного функціонування в умовах потенційних загроз, в тому числі загроз від пожеж, вибухів, надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, а також умисних деструктивних впливів, таких як диверсії чи кібератаки. Це складний, багат шаровий процес, який включає оцінку фізичних, інженерних, організаційних і технологічних елементів інфраструктури. Для вітрових електростанцій це означає не лише оцінку загальної інфраструктури підстанцій та ліній електромереж, а й специфічну оцінку кожної вітрової електроустановки, її фундаменту, гондоли, лопатей, внутрішніх систем управління та захисту. Основні складові оцінки захищеності ОКІ, за якими проводиться така оцінка, передбачають ідентифікацію критичних елементів (наприклад, окремих вітрових турбін у складі ВЕС, що мають ключове значення для генерації), аналіз потенційних ризиків (включаючи загрози для висотних споруд від обмерзання, сильного вітру, блискавок, а також кібератак на системи управління турбінами), оцінку фактичного стану їхньої безпеки та стійкості, потенціал фізичної безпеки (захист від несанкціонованого доступу до турбін та їхніх контрольних систем) та оцінку можливості відновлюваності після інцидентів.

Наявність комплексної оцінки захисту ОКІ дозволяє визначити недоліки в організації протипожежного захисту об'єкта, а також дати обґрунтовані пропозиції щодо необхідних покращень (усунення порушень), потенційних ресурсів та заходів, які слід передбачити. Важливим аспектом є регулярне проведення таких оцінок, оскільки загрози постійно змінюються, стан функціонування об'єкта є також змінним, в тому числі, з врахуванням зміни технологічних процесів, які на ньому відбуваються. Для вітрових електростанцій це означає, що оцінка має враховувати не лише стаціонарні елементи, а й динаміку роботи вітрових електроустановок, їх зношення, оновлення програмного забезпечення та кіберзахисту, а також зміни кліматичних умов та потенційних зовнішніх впливів. Регулярний моніторинг стану

кожної вітрової турбіни та системи їхнього управління є ключовим для забезпечення стійкості всієї ВЕС.

Невід'ємною частиною оцінки стану захищеності ОКІ є розробка планів захисту як невід'ємної складової паспорта безпеки на об'єкт критичної інфраструктури [1]. План захисту (як складова паспорта безпеки) розробляється оператором критичної інфраструктури, зокрема оператором вітрової електростанції, за проектною загрозою національного рівня «Пожежі та вибухи» відповідно до існуючих рекомендацій щодо забезпечення цивільного захисту, пожежної та техногенної безпеки на об'єктах критичної інфраструктури та протидії проектній загрозі національного рівня «Пожежі та вибухи», затвердженої наказом ДСНС України від 08.12.2023 № 986 [2]. Як приклад, для об'єктів енергетики, зокрема вітрових електроустановок це означає розробку спеціальних заходів протипожежного захисту всередині гондоли, в башті, навколо фундаменту, а також планів реагування на вибухи, які можуть бути спричинені, наприклад, несправністю електричного обладнання. Метою реалізації плану захисту є забезпечення безпеки та стійкості ОКІ, збереження життя та здоров'я його працівників, мінімізація завданих збитків, збереження критично важливого обладнання (таких як лопаті, гондоли та генератори вітрових турбін), будівель і споруд задля можливості відновлення їх роботи та забезпечення надання ОКІ життєво важливих функцій для населення у максимально стислі терміни.

**2. Теоретичні основи дослідження.** Порядок визнання об'єкта критичною інфраструктурою встановлений Кабінетом Міністрів України та станом на 2023 рік регламентується Постановою № 1109 «Порядок віднесення об'єктів до критичної інфраструктури» [3]. Рішення щодо такого визнання приймають секторальні органи – державні органи, відповідальні за захист секторів чи підсекторів критичної інфраструктури. Постанова № 1109 визначає перелік секторальних органів.

Усі ці органи відповідальні за окремі сектори, підсектори основних послуг об'єктів критичної інфраструктури держави, типи яких також зазначені в переліку.

Постанова № 1109 поділяє дані підприємства й установи на чотири категорії критичності:

I – об'єкти, що мають високу важливість для держави цілком і здатні суттєво впливати на інші ОКІ. Якщо їхня робота буде порушена, виникне кризова ситуація державного значення;

II – об'єкти, що є життєво важливими, а припинення чи порушення їх роботи спричинить кризову ситуацію регіонального значення;

III – важливі об'єкти, порушення чи припинення роботи яких спричинить кризову ситуацію місцевого значення;

IV – необхідні об'єкти, порушення чи припинення роботи яких спричинить кризову ситуацію локального значення.

Також, Постанова № 1109 містить визначення рівня негативного впливу на надання основних послуг у разі знищення, пошкодження або порушення функціонування об'єкта критичної інфраструктури (секторальні критерії).

Таким чином, нормативно-правовий акт [3] визначає механізм віднесення об'єктів до критичної інфраструктури та їх категоризації, а також дозволяє визначити соціальну значущість об'єкта критичної інфраструктури.

На сьогодні в Україні існує Державний реєстр майна, пошкодженого та знищеного внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій, спричинених військовою агресією РФ, адміністратором якого є державне підприємство «Дія» [4]. Інформаційне повідомлення може бути подане до Реєстру пошкодженого та знищеного майна юридичною або фізичною особою.

Реєстр пошкодженого та знищеного майна є єдиною державною інформаційно-комунікаційною системою, яка призначена для збирання, накопичення, обліку, обробки, зберігання та захисту інформації (документів) про пошкоджене та знищене нерухоме майно, просторові координати об'єктів, осіб, нерухоме майно яких пошкоджено або знищено, шкоду

та збитки, завдані внаслідок пошкодження такого майна, та іншу інформацію, визначену Порядком [3].

Інформація, внесена до Реєстру пошкодженого та знищеного майна, має бути достовірною і може використовуватися державними органами, органами місцевого самоврядування, їх посадовими особами під час здійснення ними повноважень, визначених законом. Також дана інформація є відкритою і загальнодоступною, крім реєстраційних номерів облікових карток платників податків, паспортних даних, місця проживання фізичної особи, інших персональних даних.

Серед проблемних питань оцінювання вразливості критичної інфраструктури, а також формування висновків щодо її стану слід враховувати такі аспекти:

- в умовах військових дій неможливо захистити всі об'єкти критичної інфраструктури та їх компоненти від усіх потенційних загроз;

- особи, що відповідають за свій сектор будуть наполягати на пріоритетності саме своїх активів;

- пріоритетний список захисту є пріоритетним списком потенційних цілей, що вимагає розуміння забезпечення конфіденційних підходів;

- якість оцінювання стану захищеності об'єкта критичної інфраструктури напряму залежить від компетенції фахівців, які проводять оцінку для певної галузі, до якого він відноситься;

- оцінювання є експертним рішенням та не може давати 100% гарантії захищеності.

З початку повномасштабного вторгнення росії в Україну 24 лютого 2022 року значна частина інфраструктури країни зазнала серйозних пошкоджень або була повністю знищена. За даними українського уряду та міжнародних організацій, масштаби руйнувань включають:

Значних пошкоджень зазнала енергетична система України, зокрема електростанції, підстанції та лінії електропередач. Багато атак було спрямовано на теплові й гідроелектростанції, а також на ключові вузли розподілу електроенергії.

Окрім цього, зруйновано або пошкоджено тисячі кілометрів доріг і залізничних колій, а також мости, порти та аеропорти. Зокрема, пошкоджені важливі міжнародні транспортні коридори та магістралі. За підрахунками, зруйновано або пошкоджено сотні тисяч будинків і багатоквартирних житлових комплексів. Особливо постраждали міста на сході й півдні України, такі як Маріуполь, Бахмут, Харків та інші.

Що стосується освітніх й медичних закладів, ворогом пошкоджені або знищені сотні шкіл, лікарень, університетів і дитячих садків, що значно вплинуло на доступ до освіти та медичної допомоги. Також, піддалися руйнуванням й інша критична інфраструктура, а саме зруйновані водоочисні споруди, газогони, системи водопостачання і каналізації. Це призвело до перебоїв у наданні основних послуг населенню в багатьох регіонах.

**3. Постановка проблеми:** Незважаючи на життєво важливе значення об'єктів критичної інфраструктури для сталого функціонування держави та суспільства, а також визнання оцінки стану їх захисту невід'ємною складовою, відсутність єдиної, комплексної та системно обґрунтованої методики оцінки фактичного стану захищеності ОКІ, що враховує весь спектр загроз (включаючи пожежі, надзвичайні ситуації техногенного/природного характеру та зовнішні небезпечні впливи воєнного характеру), створює значну прогалину в системі національної безпеки України. Це призводить до:

- складнощів у об'єктивному визначенні недоліків в організації захисту об'єктів та обґрунтованих пропозицій щодо їх усунення.

- ефективного планування та реалізації заходів із забезпечення безпеки та стійкості ОКІ, включаючи такі специфічні об'єкти, як вітрові електростанції та їхні установки.

- здійснення регулярних оцінок, які б адекватно відображали динаміку загроз та зміни в функціонуванні й технологічних процесах ОКІ.

- розробки та впровадження комплексних планів захисту, що є складовою паспортів безпеки, які б повноцінно враховували всі потенційні ризики та забезпечували мінімізацію збитків та відновлення функцій ОКІ у стислі терміни.

Таким чином, актуальною науково-практичною проблемою є необхідність розробки уніфікованого «Порядку (методики) визначення оцінки стану захищеності об'єктів критичної інфраструктури», який би забезпечив системний підхід до оцінювання та враховував взаємозв'язки небезпек і виявлених порушень для ефективного захисту ОКІ від потенційних загроз.

**4. Методологія дослідження.** За результатами аналізу даних нормативно-правових актів та законів України визначено основні складові оцінювання стану захищеності ОКІ є:

- ідентифікація ризиків і загроз: об'єкти КІ можуть бути піддані як природним катастрофам (паводки, землетруси, пожежі), так і антропогенним загрозам (теракти, ураження військового характеру, кібератаки, техногенні аварії). Тобто, необхідно ідентифікувати всі потенційні загрози та оцінити їх вірогідність і можливий вплив на функціонування об'єкта;

- проведення оцінки вразливості ОКІ, що враховує слабкі місця об'єкта. Наприклад, недостатній рівень фізичного (інженерного) захисту, слабкий стан пожежної безпеки, відсутність резервних систем, які можуть призвести до того, що об'єкт буде вразливим до конкретної загрози;

- наявність планів реагування на надзвичайні ситуації та їх практичне відпрацювання з персоналом. Цей показник оцінює готовність об'єкта до швидкого реагування та управління кризовими ситуаціями;

- фізична безпека об'єкта, яка полягає в перевірці якості інженерних бар'єрів, охоронних систем та наявності охорони. Наприклад, огорожі, контроль доступу, перевірка транспортних засобів, що в'їжджають на територію, що є також частиною забезпечення фізичної безпеки об'єкта;

- спроможність відновлення діяльності ОКІ, що включає здатність об'єкта до швидкого його відновлення після надзвичайної події та наявності резервних систем для продовження його функціонування.

Забезпечення критичної інфраструктури є життєво важливим для національної безпеки, оскільки порушення її роботи може мати катастрофічні наслідки для країни. Всі ці показники мають бути інтегровані у систему оцінки, щоб забезпечити повноцінний захист та узагальнені в частині визначення базових критеріїв оцінювання стану захищеності ОКІ.

Таким чином, на основі діючих вимог нормативних документів [1-3] визначено такі критерії, які узагальнюють базові вимоги та дозволяють визначити оцінку стану захищеності ОКІ, а саме:

- Пожежна та техногенна безпека;
- Цивільний захист.

Слід відмітити, що критерій «Пожежна та техногенна безпека» включає в себе вимоги, які стосуються інженерного (фізичного) захисту об'єкту, що визначені типовими рішеннями з інженерного захисту критичних елементів об'єктів критичної інфраструктури від ураження засобами повітряного нападу противника в рамках реалізації концепції «Країна фортеця», схвалені постановою Кабінету Міністрів України від 26 квітня 2024 р. № 471.

На сьогодні однією із передових методик оцінки вразливості є застосування CARVER Target Analysis and Vulnerability Assessment Methodology – методологія аналізу цілей і оцінки вразливості CARVER – це система, яка використовує спеціальні процедури як якісного, так і кількісного характеру для інтерпретації та визначення ймовірності атаки противника на критично важливі активи та/або ключові ресурси [51]. Спочатку розроблений Управлінням стратегічних служб, попередником Центрального розвідувального управління, під час Другої світової війни, CARVER був наступальним інструментом цілевказування, який використовувався для визначення того, де пілотам бомбардувальників найбільш ефективно скидати боєприпаси на ворожі цілі. У 1976 році офіцер ЦРУ Лео Лабажу та його команді експертів із диверсій у відділі спеціальних заходів було доручено розробити методологію, яка могла б визначити вразливі місця в системі інфраструктури як для наступальних, так і для оборонних цілей. Цей процес став відомий як Обстеження захисту від тероризму.

Використовуючи систему підрахунку балів, засновану на співвідношенні ймовірності та впливу атаки, народилася сучасна матриця CARVER [5].

CARVER означає критичність, доступність, відновлюваність, вразливість, ефект та впізнаваність (ідентифікацію).

Критичність – є цільовим значенням і визначає ступінь ризику для загальних функціональних процесів об'єкта ОКИ.

Доступність – означає легкість, з якою ризик може досягти мети. Доступність ризику також передбачає захисні заходи, які необхідно застосовувати в процесі пом'якшення ризику.

Відновлюваність означає час, потрібний організації для усунення ризику, в разі досягнення його мети відносно об'єкта захисту.

Вразливість визначає ступінь знань, необхідних ворогу для заподіяння шкоди цільовому об'єкта.

Ефект – це величина впливу в разі певного виду атаки.

Цей підхід ефективно використовується для багатьох безпекових організацій, включаючи ключові міністерства країн Європейського союзу та США, а також комерційні та приватні організації, які займаються питаннями безпеки та оцінювання потенційних ризиків. Використовуючи консолідований процес оцінки ризиків і список цільових можливостей у поєднанні з методологією CARVER і аналізом вразливостей безпеки, можна визначити ці цільові активи та їхні слабкі сторони. Цей процес може допомогти адміністрації ОКИ та фахівцям ДСНС України визначити, куди слід розподілити людські, технічні та економічні ресурси. Аналіз ризиків цільових активів (АРЦА) дає нову можливість покращити методи вимірювання, моніторингу, управління та мінімізації ризиків за допомогою чотирьох етапів управління надзвичайними ситуаціями, а саме запобігання, підготовки, реагування та відновлення. Щоб зменшити ризик по всій країні, АРЦА забезпечує структуру, за якою потенційні навмисні загрози ОКИ можуть бути виміряні та кількісно визначені, тим самим покращуючи безпеку для всіх суб'єктів управління ОКИ.

Ця методологія забезпечує систематичний підхід до оцінки загроз і вразливостей, пропонуючи як якісне, так і кількісне уявлення про ризики в безпеці. Методологія CARVER особливо примітна своєю можливістю адаптації до різних галузей і сценаріїв. Незалежно від того, чи йдеться про захист критичної інфраструктури, оцінку безпеки гучної події чи проведення внутрішнього аудиту в корпорації, структурований аналіз CARVER пропонує чітке, пріоритетне уявлення про потенційні вразливості.

За своєю суттю методологія CARVER передбачає детальну оцінку критичності досліджуваного об'єкта та його важливості. Далі слідує оцінка доступності (можливості доступу) або того, наскільки легко потенційні проектні загрози можуть дістатися до активу. Відновлюваність вимірює час і зусилля, необхідні для відновлення функціональності активу після зламу. Аналіз вразливості вивчає слабкі сторони активу, а ефект розглядає потенційний вплив атаки. Впізнаваність оцінює, наскільки легко суб'єкт загрози може ідентифікувати об'єкт як цінну ціль. Присвоюючи числові значення кожному з цих чинників, спеціалісти з безпеки можуть розрахувати оцінку CARVER, яка допомагає визначити пріоритетність активів і вразливостей, керуючи розподілом ресурсів і зусиллями по виправленню. Ця система підрахунку балів є важливою для розробки стратегічного оборонного плану, гарантуючи, що найважливіші активи отримають найвищий рівень захисту.

Слід відзначити, що оцінка CARVER аналізу може базуватися на будь-якій шкалі оцінювання, але зазвичай коливається від найнижчої значущості до найвищої значущості оцінки яку фахівець захоче виставити. Досліджуваний сектор пожежної, техногенної безпеки та цивільного захисту може отримати вигоду з аналізу, який надає CARVER, через важливість ОКИ як суспільного ресурсу та здатність CARVER надавати розуміння потенційних загроз. Аналізуючи окремі цілі (визначені критерії), можна виявити широке використання методу CARVER. Крім того, використання методу CARVER як інструменту запобігання ризикам забезпечує основу для продовження розробки методів для кращого запобігання національній безпеці.

Оцінка стану захищеності об'єктів критичної інфраструктури є важливою складовою забезпечення національної безпеки. Здійснення процедури оцінки дозволяє ідентифікувати ризики, ступінь вразливості та потенційні загрози, що можуть вплинути на функціонування критично важливих систем ОКІ. Слід розуміти, що методика оцінювання може поширюватися на різні галузі, а саме: енергетичну, транспортну, комунальну, охорону здоров'я тощо. Загальна методологія проведення такої оцінки зазвичай включає кілька ключових етапів:

- ідентифікація ОКІ в частині його функціонального призначення для розуміння нормативної бази, яка до нього застосовується;
- виявлення недоліків (порушень), щодо базових вимог пожежної, техногенної безпеки та цивільного захисту на критичних елементах, які забезпечують функціонування ОКІ;
- оцінка вразливостей, їх взаємозв'язки з основними показниками безпеки та потенційні наслідки;
- формулювання висновків щодо фактичного стану захищеності ОКІ та рекомендацій із його покращення.

Одним із важливих компонентів забезпечення захищеності об'єктів критичної інфраструктури, є забезпечення безпечних протипожежних відстаней між об'єктами. Як приклад при здійсненні оцінки потенційних загроз при будівництві та експлуатації вітрових електроустановок в межах населених пунктів слід враховувати можливість повного руйнування її вежі та падіння. Дані випадки супроводжувалися руйнуванням корпусу гондоли, розтіканням мастила, робоча температура якого може складати до 150°C та як наслідок через його контакт з розігрітими поверхнями механічних елементів може спричинити пожежу. Для можливості визначення потенційних масштабів пожежі та небезпеки поширення вогню на суміжно розташовані об'єкти слід визначити особливості характеру пожежі, та зокрема врахувати коефіцієнт просочення оливи вглиб ґрунту.

Розрізняють два види розливу. Миттєвий розлив рідини поверхнею відбувається при аваріях та руйнуванні оливонаповнених елементів та такий, що триває у часі і відбувається при частковому пошкодженні ємності з поступовим витіканням оливи з неї. Слід зазначити, що миттєвий розлив рідини є граничним випадком довготривалого витікання, якщо час витікання скорочується, прямує до нуля, а загальний об'єм розлитої рідини залишається сталим [6].

Таким чином просочення оливи вглиб ґрунту зменшує площу розливу та потужність горіння, що слід враховувати при оцінюванні наслідків пожежі на вітровій електроустановці. Враховуючи, що об'єм оливи у промислових установках досягає 1500 л, врахування коефіцієнту просочення може значно вплинути на оцінку пожежонебезпечної ситуації, зокрема в частині використання даної моделі при прогнозуванні теплового впливу пожежі розлитої оливи на суміжні об'єкти інфраструктури [7].

Наступними етапами для підвищення захисту ОКІ можуть бути розробка плану усунення недоліків для зниження ризиків, сама процедура усунення та регулярний контроль за станом безпеки об'єкта, оцінка змін у рівні загроз або вразливостей.

Розглянемо етапи оцінювання стану захищеності ОКІ.

Перший етап Порядку передбачає збір інформації щодо об'єкта, відносно якого здійснюється оцінювання стану захищеності ОКІ.

Представник ДСНС України (ОДН ПТБ), який здійснює процедуру оцінювання, або інша уповноважена особа, має встановити взаємодію із зовнішніми суб'єктами, які впливають на забезпечення пожежної та техногенної безпеки об'єкта, а також заходів з цивільного захисту. Процедура передбачає залучення до оцінювання керівництва об'єкта або відповідальної особи (осіб), яка буде супроводжувати представника ДСНС України під час процесу оцінювання стану захищеності ОКІ.

Процедура оцінювання стану захищеності ОКІ передбачається для кожної будівлі (споруди) ОКІ та їх прилеглої території, що забезпечують діяльність суб'єкта (його стале функціонування).

Другий етап Порядку передбачає процедуру оцінювання фактичного стану захищеності об'єкта за такими показниками: пожежна, техногенна безпека та цивільний захист ОКІ, згідно з визначеним переліком критеріїв.

Методи збирання інформації під час оцінювання стану захищеності ОКІ поділяються на такі:

- візуального обстеження, в тому числі із застосуванням технічних засобів (спостерігання);
- перевірки (аналізування) документів;
- опитування.

В разі виявлення ОДН ПТБ невідповідності в частині забезпечення виконання вимог чинних НД та нормативно-правових актів з питань ПБ, ТБ, ЦЗ (індивідуальної концепції протипожежного захисту ОКІ) складається перелік виявлених невідповідностей (порушень). В протоколі ставиться відповідна помітка про невиконання або часткове невиконання заходу. В разі нехтування вимогою щодо цього критерію на ОКІ, згідно з вимогами норм (з врахуванням функціонального призначення об'єкта), в протоколі ставиться відповідна відмітка.

Якщо вимоги чинних НД та нормативно-правових актів (індивідуальної концепції протипожежного захисту ОКІ) з питань ПБ виконуються в повному обсязі, вважається, що оцінювання стану захищеності об'єктів критичної інфраструктури завершено, а ОКІ відповідає основним вимогам захищеності. В такому випадку у акті оцінки стану захищеності об'єкта критичної інфраструктури зазначається, що стан захищеності ОКІ відповідає показнику «забезпечує».

Якщо на ОКІ передбачені індивідуальні технічні вимоги (заходи) згідно з концепцією протипожежного захисту ОКІ або такі індивідуальні технічні вимоги (заходи) передбачені проектною документацією ОКІ, перевірка їх виконання є невід'ємною складовою оцінювання стану захищеності ОКІ та має бути окремо додана до переліку критеріїв.

В разі виявлення невідповідності в частині забезпечення виконання вимог чинних НД та нормативно-правових актів з питань ПБ, ТБ, ЦЗ (індивідуальної концепції протипожежного захисту ОКІ), складається перелік виявлених невідповідностей (порушень).

Якщо виявлені невідповідності (порушення) в частині забезпечення виконання вимог чинних НД та нормативно-правових актів з питань ПБ, ТБ, ЦЗ (індивідуальної концепції протипожежного захисту ОКІ) були усунуті суб'єктом господарювання впродовж першого етапу оцінювання та збору інформації щодо об'єкта, але не більше 3-х діб з дня їх виявлення, то вони ідентифікуються як несуттєві та не враховуються під час проведення оцінки стану захищеності об'єктів критичної інфраструктури.

Третій етап Порядку оцінки стану захищеності ОКІ передбачає аналіз залежностей впливу виявлених недоліків та визначення рівня критичності і вразливості ОКІ в частині «Пожежної та техногенної безпеки» та «Цивільного захисту».

Цей етап оцінки слід проводити в разі виявлення невиконання вимог чинних НД та нормативно-правових актів (індивідуальної концепції протипожежного захисту) з визначених питань безпеки.

Перелік виявлених порушень (недоліків) вноситься до протоколу.

Будується матриця взаємозв'язків та визначається бал критичності та вразливості об'єкта, виставляються експертні оцінки щодо взаємозв'язків виявлених порушень та їх вплив відносно основних вимог в частині:

Пожежної безпеки:

- обмеження поширення пожежі між будівлями;
- обмеження поширення пожежі в будівлях;
- забезпечення евакуації людей;
- збереження несучої здатності конструкцій;
- безпека пожежно-рятувальних підрозділів;
- пожежна безпека території;

- забезпечення додаткового інженерного захисту критичних елементів ОКІ.

Техногенної безпеки:

- стан основних виробничих фондів та порушень умов їх експлуатації;

- загроза суміжно розташованим об'єктам житлового фонду та об'єктам соціального призначення;

- організаційні заходи техногенної безпеки.

Цивільного захисту:

- забезпечення реалізації програм та планів заходів у сфері цивільного захисту;

- оповіщення про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій;

- забезпечення потреб в укритті або евакуації людей на 100%.

Оцінювання взаємозв'язків щодо виявлених порушень та їх впливу на основні критерії безпеки в частині ПБ, ТЗ, ЦЗ та додаткових інженерних рішень визначається за такими показниками:

а) «-» або 0 – критерії щодо вимог пожежної безпеки не мають взаємозв'язків та не впливають один на одного;

б) 1 – критерії щодо вимог пожежної безпеки мають часткові взаємозв'язки та можуть потенційно впливати один на одного;

в) 2 – критерії щодо вимог пожежної безпеки мають прямий зв'язок та безпосередньо впливають на стан захищеності об'єктів критичної інфраструктури.

Оцінювання стану захищеності об'єкта критичної інфраструктури для кожного критерію визначається у відсотковому еквіваленті за показниками критичності та вразливості відносно загальної кількості визначених вимог для об'єкта:

Відносний загальний показник стану захищеності ОКІ (SO, %) визначаємо за формулою:

$$SO = G \times 100 / FS, \% \quad (1)$$

де, G – проміжна оцінка стану захищеності. Визначається, як сума балів за результатом оцінювання кількості виявлених недоліків.

FS – коефіцієнт стану безпеки ОКІ. Приймається залежно від всієї кількості наявних критеріїв стану безпеки за показниками пожежна, техногенна безпека та цивільний захист.

**FS** – коефіцієнт стану за критерієм «**Пожежна та техногенна безпека**»:

від 10-20 критеріїв – **FS** = 540;

від 21-30 критеріїв – **FS** = 810;

від 31-40 критеріїв – **FS** = 1080;

від 41-50 критеріїв – **FS** = 1350;

від 51-60 критеріїв – **FS** = 1620;

від 61-70 критеріїв – **FS** = 1890;

від 71-80 критеріїв – **FS** = 2160;

від 81-90 критеріїв – **FS** = 2430;

від 91-100 критеріїв – **FS** = 2700;

більше 100 критеріїв – **FS** = 3240.

**FS** – коефіцієнт стану за критерієм «**Цивільний захист**»:

від 1-3 критеріїв – **FS** = 120;

від 4-7 критеріїв – **FS** = 180;

від 8-10 критеріїв – **FS** = 240;

від 11-12 критеріїв – **FS** = 300;

від 13-15 критеріїв – **FS** = 360;

від 16-20 критеріїв – **FS** = 420.

Якщо відносний загальний показник стану захищеності ОКІ за переліком визначених вимог щодо забезпечення ПБ та ТБ, ЦЗ або додаткових інженерних заходів, які не виконуються становить:

- до 10% за будь яким із показників – йому присвоюється оцінка стану захищеності «**Обмежено забезпечує**»;

- більше 10% – йому присвоюється оцінка стану захищеності «**Не забезпечує**».

Для випадку, якщо на ОКІ відсутня захисна споруда, оцінювання за критерієм «Цивільний захист» не проводиться, а у акті «оцінювання стану захищеності ОКІ» за критерієм «Цивільний захист» ставиться показник – «Не забезпечує». Оцінювання за критерієм «Цивільний захист» може проводитися для випадків, коли на ОКІ не передбачене постійне перебування персоналу або передбачене використання захисних споруд інших суб'єктів, згідно з чинними нормами.

4. Четвертий етап оцінки стану захищеності ОКІ передбачає формування ОДН ПТБ висновку щодо фактичного стану захищеності на ОКІ за кожним із критеріїв («Пожежна та техногенна безпека», «Цивільний захист»), та заповнення Акта оцінки стану захищеності об'єкта критичної інфраструктури.

Дані про стан захищеності об'єкта критичної інфраструктури визначається відповідно для кожного з критеріїв оцінки стану захищеності та оцінюється як “забезпечує”, “обмежено забезпечує”, “не забезпечує”. Визначена оцінка вноситься суб'єктом оцінки до Акта оцінки стану захищеності ОКІ, форма якого затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 22 липня 2022 року № 821.

**5. Обговорення.** Певний період в Україні розроблялися законодавчі, нормативно-правові акти, аналітичні довідки, наукові праці тощо. На важливість цього процесу вказує активність запровадження систем захисту критичної інфраструктури у США та країнах-членах ЄС. Зважаючи на пріоритетність для національних інтересів України інтеграції нашої держави в євроатлантичний безпековий простір, завдання побудови державної системи захисту критичної інфраструктури є актуальним завданням.

Так, Указом Президента України «Про Стратегію національної безпеки України» [8] було закріплено основні небезпеки внутрішньому безпековому середовищу та безпосередні зовнішні виклики, котрі загрожують національній безпеці України. У 2015 році прийнято Рішення Ради національної безпеки і оборони України «Про Стратегію національної безпеки України» [9], яким передбачалась розробка комплексних пропозицій щодо реформування органів сектору безпеки і оборони України.

У розвиток нормативної бази щодо захисту об'єктів критичної інфраструктури в подальшому було затверджено Концепцію створення державної системи захисту критичної інфраструктури [10].

У Концепції зазначено, що державна система захисту об'єктів критичної інфраструктури спрямована на забезпечення її стійкості до загроз усіх видів, у тому числі надзвичайних ситуацій природного, техногенного характеру, а також протиправними діями тощо. Також документом визначено, що створення системи захисту критичної інфраструктури є одним із пріоритетів у реформуванні сектору оборони і безпеки України. У зв'язку з цим сформульовано проблеми, які потребують розв'язання, серед яких такі:

- відсутність єдиної загальнодержавної системи захисту критичної інфраструктури;
- недостатність та неузгодженість нормативно-правового регулювання з питань захисту систем і об'єктів критичної інфраструктури, зокрема відсутність спеціального закону про критичну інфраструктуру та її захист;
- відсутність державного органу, відповідального за координацію дій у сфері захисту критичної інфраструктури;
- невизначеність повноважень, завдань і відповідальності центральних органів виконавчої влади та інших державних органів у сфері захисту критичної інфраструктури, а також прав, обов'язків та відповідальності власників (розпорядників) об'єктів критичної інфраструктури;
- відсутність єдиних критеріїв та методології віднесення об'єктів інфраструктури до критичної інфраструктури, порядку їх паспортизації та категоризації;
- відсутність єдиної методології проведення оцінки загроз критичній інфраструктурі, а також відсутність спеціального правоохоронного органу, відповідального за проведення аналізу та оцінки загроз критичній інфраструктурі внаслідок проведення іноземними державами економічної експансії та дискримінаційної політики, недопущення заподіяння

шкоди економічному і науково-технічному потенціалу держави, а також організацію та вжиття відповідних заходів протидії;

– нерозвиненість державно-приватного партнерства у сфері захисту критичної інфраструктури та невизначеність джерел фінансування заходів із захисту критичної інфраструктури;

– недостатній рівень міжнародного співробітництва у сфері захисту критичної інфраструктури.

У травні 2019 року з метою створення умов для формування та ефективної реалізації державної політики у сфері захисту критичної інфраструктури було запропоновано проєкт Закону «Про критичну інфраструктуру та її захист» [11]. Документом мало бути встановлено принципи та напрями розбудови державної системи захисту критичної інфраструктури, визначено правові та організаційні засади забезпечення її діяльності. Важливість прийняття цього нормативно-правового акта обґрунтовувалася не лише світовими тенденціями до посилення загроз природного та техногенного характеру, підвищенням рівня терористичних загроз, збільшенням кількості та підвищенням складності кібератак, а й пошкодженням об'єктів критичної інфраструктури у східних та південних регіонах України внаслідок збройної агресії російської федерації. Але у серпні 2019 року проєкт Закону було відкликано.

Наступними кроками на шляху до побудови системи захисту об'єктів критичної інфраструктури було прийняття Постанови «Деякі питання об'єктів критичної інфраструктури» [3] та Закону України «Про критичну інфраструктуру» [12]. У [3] затверджено: Порядок віднесення об'єктів до критичної інфраструктури; перелік секторів критичної інфраструктури; Методику категоризації об'єктів критичної інфраструктури [13] визначає правові та організаційні засади створення і функціонування національної системи захисту критичної інфраструктури. Таким чином, з прийняттям зазначених вище нормативних документів на сьогодні узаконено: понятійний апарат системи критичної інфраструктури; засади державної політики у сфері захисту ОКІ; завдання державної політики у сфері захисту критичної інфраструктури, а також критерії для віднесення об'єктів до ОКІ тощо.

Крім наведених нормативно-правових актів, нині в розрізі забезпечення захищеності території, довкілля та населення від надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури в Україні прийнято такі законодавчі документи:

– Закон України «Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання» [14];

– Закон України «Про боротьбу з тероризмом» [15];

– Закон України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України» [16].

Вивчення питань оцінки загроз об'єктам критичної інфраструктури, а також пошуку шляхів забезпечення стану їх захищеності відображається в роботах таких вітчизняних вчених, як Д. Бобро [17], О. Резнікова [18], О. Лисенко [19], С. Чумаченко [20, 21, 22] та інші.

У роботі [17] автор проводив аналіз сучасних методологічних підходів до оцінки критичності об'єктів інфраструктури та пропонує тривірневу ієрархічну модель критеріїв її визначення. З урахуванням невизначеності, неточності та неповноти інформації, необхідної для коректної оцінки загроз та ризиків критичній інфраструктурі, проводиться оцінка багатовимірності можливих наслідків, при цьому необхідність урахування численних взаємозв'язків та взаємозалежностей об'єктів критичної інфраструктури, універсальність оцінки критичності може забезпечити застосування методів нечіткої логіки та експертних оцінок. Запропонована автором тривірнева ієрархічна модель критеріїв визначення критичності інфраструктури дозволяє обґрунтувати пропозиції щодо подальших кроків з розбудови в Україні державної системи захисту КІ.

Аналітичний огляд [18] висвітлює підходи до оцінювання ризиків і загроз для національних систем Великобританії, Нідерландів, Нової Зеландії та США, в тому числі і для критичної інфраструктури, з використанням експертних методів. У матеріалах статті [19] надається розгорнутий огляд найбільш поширених підходів щодо формування стратегій управління ризиками на ОКІ, при виборі стратегії в умовах невизначеності пропонується

використання різних критеріїв, що враховують фактороформуючі установки й обмеження щодо умов його життєдіяльності людей та інших обставин. Також авторами надається розгорнутий аналіз застосування критеріїв Вальда, Лапласа, Севіджа.

Програма PPRD East 3 (Prevention, Preparedness and Response to Natural and Man-made Disasters) є частиною ініціативи Європейського Союзу, спрямованої на підвищення стійкості до природних та техногенних катастроф у країнах Східного партнерства, зокрема в Україні, Вірменії, Азербайджані, Грузії та Молдові. Основною метою програми було зміцнення потенціалу реагування та запобігання катастрофам, а також створення більш ефективних систем раннього попередження та регіональної координації між країнами Східного партнерства та Європейським Союзом [23-25].

Програма PPRD East 3 значно сприяла розвитку спроможностей національних систем цивільного захисту, включаючи поліпшення планування аварійних ситуацій, управління ризиками та інтеграцію з науковими установами. Це дозволило країнам-учасникам підвищити рівень підготовки до надзвичайних ситуацій, розробити більш ефективні моделі реагування, а також зміцнити співпрацю між різними державними структурами та громадянським суспільством [24].

Зокрема, завдяки впровадженню методологій раннього запобігання, країни-учасниці змогли підвищити ефективність дій на випадок стихійних лих, таких як лісові пожежі та техногенні аварії. Програма також сприяла розвитку інноваційних підходів до управління надзвичайними ситуаціями, зокрема через застосування дронів та інших сучасних технологій для моніторингу загроз і оцінки ризиків у реальному часі. Крім того, в рамках PPRD East 3 проводилися масштабні навчання, які дозволили перевірити готовність різних структур до спільних дій у кризових ситуаціях.

Досвід, отриманий у межах цієї програми, є важливим ресурсом для впровадження національних стратегій щодо підвищення захищеності критичної інфраструктури та ефективного управління ризиками.

Вивчення підходів, викладених у заходах PPRD EAST-3, дозволило глибше зрозуміти складність управління ризиками стихійних лих на міжнародному рівні. Одним з ключових моментів стало детальне ознайомлення зі стандартизацією процесів класифікації небезпек, що є важливою основою для гармонізації методів збору, аналізу та обміну інформацією між різними країнами та організаціями. Важливим аспектом цього підходу є інтеграція міждисциплінарних знань і технологічних рішень, що дозволяють покращити передбачення і реакцію на різні типи загроз, включаючи природні, техногенні та біологічні небезпеки.

У цьому контексті особливий акцент робиться на взаємозв'язку між науковими дослідженнями та практичними рішеннями, де наукові дані безпосередньо впливають на процеси формування політик і стратегій управління ризиками. Така система сприяє більш глибокому розумінню каскадних ризиків, коли одна небезпека може провокувати інші загрози, що потребує системного і комплексного підходу. Крім того, важливим результатом аналізу стало усвідомлення значення побудови ефективних систем раннього запобігання, які повинні базуватися на стандартизованих методах збору даних і точних моделях прогнозування.

Окрім цього, вивчення методів, викладених у звіті, дало змогу оцінити важливість розвитку міжнародної співпраці у сфері зменшення ризиків стихійних лих. Особлива увага приділяється обміну досвідом і даними, що дозволяє швидше реагувати на глобальні загрози та вжити більш ефективних заходів на різних рівнях.

Організацією Об'єднаних Націй зі зменшення ризику стихійних лих (далі – UNDRR), підготовлений у співпраці з Міжнародною науковою радою (далі – ISC), представляє собою детальне дослідження класифікації та визначення небезпек, що мають значний вплив на життя людей, їх здоров'я та довкілля. Документ був створений з метою покращення управління ризиками стихійних лих через більш точне та узгоджене розуміння загроз. Аналіз цього звіту з наукової точки зору дозволяє висвітлити кілька важливих аспектів, які вказують на його ключове значення в міжнародній практиці управління ризиками.

У цьому звіті основну увагу приділено необхідності стандартизації термінів і понять, пов'язаних із загрозами, що особливо важливо у глобальному контексті. На міжнародному рівні різні країни, організації та наукові інститути використовують відмінні терміни для опису одних і тих самих явищ або ризиків. Це часто створює плутанину і ускладнює порівняння даних та координацію зусиль. UNDRR та ISC намагалися вирішити цю проблему, запропонувавши єдиний підхід до класифікації небезпек, що базується на науково обґрунтованих критеріях. Створення такої стандартизованої системи дозволить не лише підвищити ефективність обміну інформацією, але й сприятиме кращому розумінню загроз на міжнародному рівні. Важливою є ідея про те, що небезпеки повинні бути чітко визначеними з точки зору їхнього потенційного впливу, вимірюваності та можливості для впровадження превентивних заходів.

Науковий підхід до управління ризиками стихійних лих, запропонований у звіті, ґрунтується на інтеграції кількох важливих елементів: це не тільки фізичні загрози, такі як землетруси або повені, але й соціальні, економічні та екологічні чинники, які можуть посилювати або зменшувати наслідки цих загроз. Такий підхід відображає сучасні тенденції у дослідженні ризиків, де небезпеки розглядаються не як ізольовані події, а як частина ширшої системи впливів. Звіт також підкреслює важливість урахування так званих каскадних ризиків, коли один вид загрози може стати каталізатором для інших небезпечних подій. Наприклад, природні катастрофи можуть спричинити техногенні аварії або соціальні конфлікти, що значно ускладнює процес управління ними.

Особливу увагу приділено ролі науково-політичного інтерфейсу в управлінні ризиками. Автори [23] підкреслюють, що наукові знання повинні бути тісно пов'язані з політичними рішеннями, і навпаки – політика повинна стимулювати розвиток науки в цій сфері. Вони акцентують увагу на тому, що без належного розуміння ризиків та небезпек політичні рішення можуть бути неефективними або навіть небезпечними. Крім того, звіт підкреслює необхідність створення механізмів зворотного зв'язку, коли політики й уряди активно співпрацюють із науковцями для коригування своїх стратегій з урахуванням нових наукових даних. Це особливо важливо в умовах швидких змін, таких як зміна клімату чи пандемії, коли традиційні підходи можуть виявитися застарілими.

Документ [23] також піднімає важливе питання про взаємодію між різними секторами та організаціями, які займаються питаннями безпеки та ризиків. Зокрема, йдеться про необхідність системної координації між міжнародними організаціями, такими як Всесвітня метеорологічна організація, Всесвітня організація охорони здоров'я, а також регіональними та національними структурами. Така взаємодія дозволяє створювати більш узгоджені та ефективні стратегії, що охоплюють весь спектр потенційних загроз.

Одним із ключових аспектів [23] є те, що він не обмежується тільки визначенням існуючих загроз, але й пропонує алгоритми для їхнього постійного оновлення і перегляду. Це важливо, оскільки природа загроз постійно змінюється, і нові небезпеки, такі як кіберзагрози чи небезпеки, пов'язані з новими технологіями, можуть виникати і вимагати нових підходів до управління ними. Документ наголошує на тому, що список небезпек повинен залишатися гнучким і адаптивним, що дозволить враховувати як регіональні, так і глобальні зміни у ландшафті ризиків.

Окремо варто відзначити важливість рекомендацій щодо зміцнення систем раннього запобігання та збору даних про катастрофи. У звіті зазначається, що існуючі системи не завжди є достатньо ефективними, особливо коли йдеться про запобігання менш передбачуваним подіям, таким як біологічні або соціальні небезпеки. Брак стандартизованих підходів до збору та аналізу даних ускладнює розуміння ризиків, що у свою чергу негативно впливає на здатність урядів швидко реагувати на катастрофи. Тому автори [23] рекомендують посилити координацію в рамках національних та міжнародних ініціатив з метою створення єдиної інформаційної системи, яка б включала всі види небезпек.

Такі підходи звертають увагу на важливість розробки спеціальних інструментів для оцінки так званих каскадних ризиків, які є складними і взаємопов'язаними. Традиційні методи

оцінки ризиків, орієнтовані на окремі загрози, вже не можуть повністю відповідати реальним викликам, оскільки багато сучасних загроз є гібридними і їхній вплив може змінюватися залежно від контексту. Наприклад, зміни клімату можуть вплинути на частоту і силу природних катастроф, таких як повені, що, у свою чергу, можуть мати економічні та соціальні наслідки. У цьому контексті важливо враховувати всі можливі сценарії і розробляти відповідні стратегії для мінімізації цих ризиків.

Одним із найважливіших висновків даних підходів є те, що підкреслюється необхідність тісної співпраці між різними країнами для розробки ефективних стратегій управління ризиками. Багато загроз мають транскордонний характер, і їхній вплив не можна обмежити тільки однією країною. Наприклад, забруднення повітря або стихійні лиха можуть поширюватися за межі однієї держави, тому міжнародна координація є ключовим елементом у боротьбі з цими загрозами. У цьому контексті пропонується розвивати міжнародні механізми обміну даними та ресурсами, що дозволить країнам більш ефективно реагувати на катастрофи та мінімізувати їх наслідки.

На практиці підходи UNDRR також слід розглядати через призму його внеску у розвиток глобальної системи моніторингу ризиків, де центральну роль відіграє концепція інтегрованого управління небезпеками. Науковий аналіз цього підходу показує, що документ [26] ґрунтується на необхідності постійного обміну інформацією між країнами і організаціями, що дозволяє ефективніше боротися з багатомірними та комплексними загрозами. Важливим аспектом є те, що чітко визначено важливість стандартизації процедур, пов'язаних зі збором, обробкою та аналізом даних. Наприклад, нинішні проблеми зі стандартизацією підходів до оцінки небезпек, зазначені в документі [24], вказують на те, що багато країн не мають узгоджених методологій для класифікації загроз. Це призводить до невідповідності у звітності, коли одна й та сама загроза в різних регіонах оцінюється за різними критеріями. Викладені підходи UNDRR надають науково обґрунтовану базу для впровадження єдиних стандартів, які могли б значно покращити координацію між країнами.

Також варто звернути увагу на наукову аргументацію, представлену у звіті [23], яка стосується комплексного підходу до вразливості населення перед небезпеками. Документ наголошує на тому, що вразливість є динамічною категорією, що може змінюватися залежно від соціальних, економічних та екологічних умов. Це важливо, оскільки управління ризиками не може бути ефективним без глибокого розуміння того, як ці чинники впливають на здатність населення адаптуватися до загроз. Наприклад, у звіті [23] вказується на те, що вразливість перед катастрофами значною мірою залежить від доступу до ресурсів, медичних послуг, інфраструктури, а також від рівня освіти. У цьому контексті важливо враховувати, що заходи зі зниження ризиків повинні бути спрямовані не тільки на покращення фізичної безпеки, але й на зміцнення соціальної та економічної стійкості громад.

Важливо зазначити, що підходи UNDRR не обмежуються тільки рекомендаціями для державних органів або міжнародних організацій. А також пропонує інструменти для залучення громадськості до процесів управління ризиками. У науковій літературі давно обговорюється питання про важливість участі громадян у процесах ухвалення рішень, особливо в умовах небезпек. Документ наголошує на тому, що для ефективного управління ризиками необхідно створювати інклюзивні платформи, де різні верстви населення можуть брати участь у розробці та впровадженні політик щодо зниження ризиків. Це особливо актуально у країнах, де державні структури можуть бути не в змозі самотійно реагувати на катастрофи. Залучення громадян дозволяє збільшити обізнаність про загрози і сприяє розвитку колективної відповідальності за безпеку.

На регіональному рівні програма PPRD East 3 зосереджує свою увагу на кількох важливих аспектах управління ризиками та реагування на катастрофи. Вона аналізує і впроваджує механізми покращення готовності до надзвичайних ситуацій через комплексний підхід до підвищення стійкості в окремих країнах та їх регіонах. Ключовими елементами такого підходу є розбудова ранніх систем попередження, оцінка мульти-ризиків, підготовка до надзвичайних ситуацій та інтеграція місцевих систем управління з регіональними

ініціативами. Це дозволяє не тільки покращити готовність регіонів до стихійних лих, а й забезпечує координацію між країнами Східного партнерства.

З наукової точки зору важливо, що документ [23] не просто визначає наявні загрози, але й пропонує рекомендації щодо вдосконалення процесів прогнозування ризиків та чітко демонструє, що сучасні методи прогнозування, хоча й мають значний потенціал, часто не враховують взаємозв'язок між різними видами небезпек. У звіті [23] підкреслюється, що методи прогнозування повинні бути більш гнучкими і пристосованими до швидко мінливих умов. Наприклад, зміни клімату можуть вплинути на частоту та інтенсивність природних катастроф, і цей чинник необхідно враховувати при розробці моделей прогнозування. Автори [23] також наголошують на важливості інтеграції новітніх даних у процеси прогнозування та на необхідності постійного оновлення моделей для їхнього більш точного застосування в реальному часі.

Також наголошується на важливості розвитку взаємодії між урядовими органами, приватним сектором і міжнародними організаціями для забезпечення захищеності критичної інфраструктури. Однією з пропозицій є створення платформ для обміну інформацією, які дозволять різним країнам і організаціям ділитися досвідом, зокрема у питаннях реагування на надзвичайні ситуації. Такі платформи можуть сприяти більш ефективній координації заходів з підвищення стійкості інфраструктури.

Застосування підходів, викладених у звіті UNDRR [23], до захисту критичної інфраструктури також може бути орієнтоване на розробку спеціальних протоколів для оцінки ризиків в різних секторах. Наприклад, кожен сектор (енергетичний, транспортний, водний) має свої специфічні загрози, і тому потребує окремих критеріїв для оцінки ризиків та розробки заходів захисту. При цьому важливо враховувати транскордонний характер багатьох сучасних загроз, таких як кібератаки або забруднення довкілля, які можуть спричинити негативні наслідки для критичної інфраструктури одразу кількох держав.

Вивчення цих підходів щодо захисту критичної інфраструктури підкреслює необхідність постійного оновлення моделей ризиків і протоколів захисту. Особливо це стосується нових типів загроз, таких як кіберзагрози, що можуть впливати на ключові елементи інфраструктури, зокрема енергетичні системи та транспорт. Враховуючи швидкий розвиток технологій та еволюцію загроз, необхідно регулярно переглядати стратегії і механізми захисту, що робить цей підхід гнучким і адаптивним.

Таким чином, запропоновані підходи являються вагомим внеском у науковому дискурсі щодо управління ризиками та безпеками. Цей аналіз наводить на висновок, що він представляє собою не лише теоретичне дослідження, але й практичний інструмент для впровадження новітніх наукових досягнень у сфері управління стихійними лихами.

Зважаючи на євроінтеграційний та євроатлантичний вектор політики України, питання безпеки та запровадження концептуальних основ захисту об'єктів критичної інфраструктури стають ще більш актуальними. Корисним та вартим уваги є досвід забезпечення стану захищеності об'єктів критичної інфраструктури та імплементації відповідних нормативно-правових актів в законодавствах країн ЄС та НАТО з метою подальшого розроблення адаптованого під українські реалії сьогодення документу з оцінки стану захищеності об'єктів критичної інфраструктури. Це дасть можливість створити передумови для прийняття оцінок рівнів захищеності об'єктів критичної інфраструктури, а також методів визначення самих рівнів, які характеризують їх захищеність.

**Висновки.** За результатом аналізу основних чинників, які впливають на процеси ідентифікації потенційних загроз та найбільш несприятливих сценаріїв розвитку аварійних ситуацій, а також обґрунтування критеріїв оцінювання та розробки загальної методології проведення оцінки стану захищеності об'єкта критичної інфраструктури визначено та обґрунтовано основні чинники, які можуть бути причиною виникнення та неконтрольованого розвитку надзвичайних ситуацій в частині пожежної безпеки, техногенної безпеки, загроз для цивільного населення, а також загроз воєнного характеру, що впливають на стабільність та стале функціонування ОКІ.

На основі діючих нормативно-правових актів України, обґрунтовано та систематизовано базові критерії для можливості реалізації проведення оцінювання стану захищеності ОКІ із врахуванням їх функціонального призначення та галузі діяльності. Оцінено рівні стану основних складових ОКІ, за яких зберігається їх можливість забезпечують захист для персоналу, стійкість до зовнішніх загроз, умови для обмеження впливів прогресуючих негативних наслідків та здатність функціонувати в умовах зовнішніх дестабілізуючих чинників.

Розроблено загальну методологію процедури оцінки стану захищеності ОКІ, яка дозволяє ідентифікувати ризики, ступінь вразливості та потенційні загрози, що можуть вплинути на функціонування критично важливих систем ОКІ. Відзначено, що оцінювання стану захищеності ОКІ за критеріями «Пожежної та техногенної безпеки» та «Цивільного захисту» доцільно проводити з врахуванням забезпечення пожежної, техногенної безпеки та цивільного захисту на об'єкті, а також оцінювання рівня реалізації на об'єкті додаткових вимог інженерного захисту ОКІ для зменшення потенційних небезпечних наслідків в результаті зовнішніх небезпечних впливів воєнного характеру.

Обґрунтовано процедуру оцінювання фактичного стану захищеності ОКІ та критерії оцінки, які характеризують стан захищеності об'єктів критичної інфраструктури, з врахуванням взаємозв'язків небезпек та виявлених порушень, що можуть потенційно впливати один на одного. Це включає специфічні взаємозв'язки між безпекою окремих вітрових електроустановок та стабільністю функціонування всієї вітрової електростанції як ОКІ.

Розроблений Порядок (Методика) дозволить забезпечити захист ОКІ від потенційних загроз техногенного та природного характеру, що можуть виникнути під час створення, функціонування, відновлення та реорганізації об'єктів критичної інфраструктури, а також дозволить передбачити ефективні заходи, які спрямовані на своєчасне виявлення, запобігання і нейтралізацію загроз безпеці об'єктів критичної інфраструктури, а також мінімізацію та ліквідацію наслідків у разі їх реалізації.

### Список використаних джерел

1. Деякі питання паспортизації об'єктів критичної інфраструктури: Постанова Кабінету Міністрів України від 4 серпня 2023 р. № 818. *Офіційний вісник України*. 2023. №77. Ст. 112.
2. План захисту із забезпечення цивільного захисту, пожежної та техногенної безпеки на об'єктах критичної інфраструктури та протидії проєктній загрозі національного рівня «Пожежі та вибухи»: Наказ ДСНС України від 08.12.2023 № 986.
3. Деякі питання об'єктів критичної інфраструктури: Постанова Кабінету Міністрів України від 9 жовтня 2020 р. № 1109. *Офіційний вісник України*. 2020 № 93, Ст. 9.
4. Загальна сума збитків, завдана інфраструктурі України через війну, станом на січень 2024 року [Електронний ресурс] / Kyiv school of economics. - Режим доступу : [www. URL: https://kse.ua/ua/about-the-school/news/zagalna-suma-zbitkiv-zavdana-infrastrukturi-ukrayini-zrosla-do-mayzhe-155-mlrd-otsinka-kse-institute-standom-na-sichen-2024-roku/](https://kse.ua/ua/about-the-school/news/zagalna-suma-zbitkiv-zavdana-infrastrukturi-ukrayini-zrosla-do-mayzhe-155-mlrd-otsinka-kse-institute-standom-na-sichen-2024-roku/) - 08.11.2024 р.
5. Labaj, L. (2011). The CARVER Methodology: The Evolution of the CIA's Offensive Targeting Methodology into the Security Industry's Definitive Vulnerability Assessment Tool. *Journal of Counterterrorism & Homeland Security International*, – 17(4).
6. Абрамов Ю.О., Басманов О.Є., Олійник В.В. Моделювання розтікання горючої рідини внаслідок аварії на залізничному транспорті. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2021. № 1(33). С. 30-42.
7. Серета Д.В., Балло Я.В. Аналіз моделі аварійного розтікання мастила від вітроелектроустановки. *Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності*: матеріали XVIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів. ЛДУБЖД, м. Львів, 2023, С. 78-81.
8. Про Стратегію національної безпеки України (втратив чинність): Указ Президента України від 12 лютого 2007 р. № 105/2007. *Офіційний вісник України*. 2007. № 11, Ст. 7
9. Про Стратегію національної безпеки України: Указ Президента України від 26 травня 2015 р. № 287/2015. *Офіційний вісник України*. 2015. № 43, Ст. 14

10. Про схвалення Концепції створення державної системи захисту критичної інфраструктури: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 6 грудня 2017 р. № 1009-р. *Офіційний вісник України*. 2017. № 7, Ст. 39
11. Про критичну інфраструктуру та її захист: Проект Закону України від 27 травня 2019 р. № 10328. URL: [https://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4\\_1?pf3511=65996](https://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=65996) (дата звернення 08.11.2024 р.)
12. Про критичну інфраструктуру. Закон України від 16 листопада 2021 р. № 1882-IX. *Офіційний вісник України*. 2021. № 98, Ст. 23.
13. Перелік ракетних ударів під час російського вторгнення. URL: <https://www.understandingwar.org/background/ukraine-conflict-updates> - 08.11.2024 р.
14. Про фізичний захист ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання: Закон України від 19 жовтня 2000 р. № 2064-III. *Офіційний вісник України*. 2000. № 46, Ст. 27.
15. Про боротьбу з тероризмом: Закон України від 20 березня 2003 р. № 638-IV. *Офіційний вісник України*. 2003. № 16, Ст. 5.
16. Про основні засади забезпечення кібербезпеки України: Закон України від 05 жовтня 2017 р. № 2163-VII. *Офіційний вісник України*. 2017. № 91, Ст. 31.
17. Бобро, Д. Г. (2015). Визначення критеріїв оцінки та загрози критичній інфраструктурі. Стратегічні пріоритети. Серія: Економіка, (4), 83-93.
18. Резнікова О.О., Войтовський К.Є., Лепіхов А.В. (2020) Національні системи оцінювання ризиків і загроз: кращі світові практики, нові можливості для України: Аналітична доповідь /за заг. ред. Резнікової О. О. НІСД, 2020. – 84 с.
19. Лисенко, О. І., Чеканова, І. В., Кутовий, О. П., & Нікітін, В. А. (2015). Стратегії управління ризиками на об'єктах критичної інфраструктури в умовах невизначеності. *Науковий вісник УкрНДІПБ*, (1), 134-139.
20. Чумаченко С. М., Троцько В. В. (2017) Оцінювання загроз об'єктам критичної інфраструктури. *Науковий вісник: цивільний захист та пожежна безпека*. № 1. С. 41-47.
21. Чумаченко, С. М., Кутовий, О. П., & Михайлова, А. В. (2020). Застосування експертно-аналітичних методів для оцінювання загроз об'єктам критичної інфраструктури оборонно-промислового комплексу на сході України. *Науковий журнал «Інженерія природокористування»*, (4 (18)), 114-123.
22. Чумаченко, С. М., Парталян, А. С., & Туровець, Ю. С. (2018) Система підтримки прийняття рішень з управління екологічними загрозами у районі ведення бойових дій. *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського*, 1(83), 88-95.
23. Hazard Definition & Review of Classification. Technical Report // United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) and International Science Council (ISC) – [Технічний звіт]. 2021. – 123 с.
24. Prevention, Preparedness and Response to Natural and Man-made Disasters in Eastern Partnership Countries (PPRD East 3). - Режим доступу : [www.pprdeast3.eu/](http://www.pprdeast3.eu/) - 08.11.2024 р.
25. PPRD East 3: New Phase for Programme on Resilience to Disasters // Civil Protection Knowledge Network – [Електронний ресурс]. - Режим доступу : [www.civil-protection-knowledge-network.europa.eu/projects-exercises/pprd-east-3/](http://www.civil-protection-knowledge-network.europa.eu/projects-exercises/pprd-east-3/) - 08.11.2024 р.
26. Гора, І. В., & Батюк, О. В. (2021). Окремі питання захисту об'єктів критичної інфраструктури: зарубіжний досвід. *Соціально-правові студії*, (1), 11.

### References

1. Some issues of certification of critical infrastructure facilities: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine №. 818 (2023, August 4). *Ofitsiynyi visnyk Ukrainy*. 2023. 77. 112 (in Ukrainian).

2. Protection plan to ensure civil protection, fire and technogenic safety at critical infrastructure facilities and counter the national-level project threat «Fires and explosions»: Order of the State Emergency Service of Ukraine № 986 (2023, December 8) (in Ukrainian).

3. Some issues of critical infrastructure facilities: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 1109 (2020, October 9). *Ofitsiyni visnyk Ukrainy*. 2020. 93. 9 (in Ukrainian).

4. The total amount of damage caused to the infrastructure of Ukraine due to the war, as of January 2024. Available at: <https://kse.ua/ua/about-the-school/news/zagalna-suma-zbitkiv-zavdana-infrastrukturi-ukrayini-zrosla-do-mayzhe-155-mlrd-otsinka-kse-institute-stanom-na-sichen-2024-roku> (accessed 08 November 2024) (in Ukrainian).

5. Labaj, L. (2011). The CARVER Methodology: The Evolution of the CIA's Offensive Targeting Methodology into the Security Industry's Definitive Vulnerability Assessment Tool. *Journal of Counterterrorism & Homeland Security International*, – 17(4). (in English).

6. Abramov Yu.O., Basmanov O.Ie., Oliinyk V.V. (2021) Modeliuvannia rozতিকання horiuchoi ridyny vnaslidok avarii na zaliznychnomu transporti. [Simulation of the spread of flammable liquid as a result of an accident on railway transport] *Problemy nadzvychainykh sytuatsii* № 1(33). S. 30-42. [in Ukraine].

7. Sereda D.V., Ballo Ya.V. (2023) Analiz modeli avariinoho rozतिकання mastyla vid vitroelektroustanovky. [Analysis of the model of emergency oil spill from a wind turbine]. *Problemy ta perspektyvy rozvytku systemy bezpeky zhyttiediialnosti: Materialy XVIII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh, kursantiv ta studentiv* (pp. 78-81) Lviv [in Ukraine].

8. On the National Security Strategy of Ukraine (repealed): Decree of the President of Ukraine № 105/2007 (2007, February 12) *Ofitsiyni visnyk Ukrainy*. 2007. 11. 7 (in Ukrainian).

9. On the National Security Strategy of Ukraine: Decree of the President of Ukraine № 287/2015 (2015, May 26) *Ofitsiyni visnyk Ukrainy*. 2015. 43. 14 (in Ukrainian).

10. On approval of the Concept for creating a state system for protecting critical infrastructure: Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 1009-r (2017, December 6). *Ofitsiyni visnyk Ukrainy*. 2017. 7. 39 (in Ukrainian).

11. On critical infrastructure and its protection: Draft Law of Ukraine №. 10328 (2019, May 27). Available at: [https://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4\\_1?pf3511=65996](https://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=65996) (accessed 08 November 2024) (in Ukrainian).

12. On Critical Infrastructure. Law of Ukraine № 1882-IX (2021, November 16). *Ofitsiyni visnyk Ukrainy*. 2021. 98. 23 (in Ukrainian).

13. List of missile strikes during the Russian invasion. Available at: <https://www.understandingwar.org/backgrounder/ukraine-conflict-updates> (accessed 08 November 2024) (in Ukrainian).

14. On the physical protection of nuclear installations, nuclear materials, radioactive waste, and other sources of ionizing radiation: Law of Ukraine № 2064-III (2000, October 19). *Ofitsiyni visnyk Ukrainy*. 2000. 46. 27 (in Ukrainian).

15. On the fight against terrorism: Law of Ukraine № 638-IV. (2003, March 20). *Ofitsiyni visnyk Ukrainy*. 2003. 16. 5 (in Ukrainian).

16. On the Basic Principles of Ensuring Cybersecurity in Ukraine: Law of Ukraine № 2163-VII (2017, October 5). *Ofitsiyni visnyk Ukrainy*. 2017. 91. 31 (in Ukrainian).

17. Bobro, D. H. (2015). Vyznachennia kryteriiv otsinky ta zahrozy krytychnii infrastrukturi [Defining assessment criteria and threats to critical infrastructure]. *Stratehichni priorytety. Serii: Ekonomika*, (4), 83-93. (in Ukrainian).

18. Reznikova O.O., Voitovskyi K.Ie., Lepikhov A.V. (2020) Natsionalni systemy otsiniuvannia ryzykiv i zahroz: krashchi svitovi praktyky, novi mozhlyvosti dlia Ukrainy: [National risk and threat assessment systems: best global practices, new opportunities for Ukraine] *Analitichna dopovid /za zah. red. Reznikovoi O. O. NISD*. (in Ukrainian).

19. Lysenko, O. I., Chekanova, I. V., Kutovyi, O. P., & Nikitin, V. A. (2015). Stratehii upravlinnia ryzykamy na ob'ekтах krytych-noi infrastruktury v umovakh nevyznachenosti. [Risk

management strategies for critical infrastructure facilities under conditions of uncertainty] *Naukovyi visnyk UkrNDIPB*, (1), 134-139. (in Ukrainian).

20. Chumachenko S. M., Trotsko V. V. (2017) Otsiniuvannia zahroz obiekтам krytychnoi infrastruktury. [Assessing threats to critical infrastructure facilities] *Naukovyi visnyk: tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka*. (1). 41-47. (in Ukrainian).

21. Chumachenko, S. M., Kutovyi, O. P., & Mykhailova, A. V. (2020). Zastosuvannia ekspertno-analitychnykh metodiv dlia otsiniuvannia zahroz obiekтам krytychnoi infrastruktury oboronno-promyslovoho kompleksu na skhodi Ukrainy. [Application of expert and analytical methods to assess threats to critical infrastructure facilities of the defense-industrial complex in eastern Ukraine] *Naukovyi zhurnal «Inzheneriia pryrodokorystuvannia»*, (4 (18)), 114-123. (in Ukrainian).

22. Chumachenko, S. M., Partalian, A. S., & Turovets, Yu. S. (2018) Systema pidtrymky pryiniattia rishen z upravlinnia ekolohichnymy zahrozamy u raioni vedennia boiovykh dii. [Decision support system for managing environmental threats in the combat area] *Zbirnyk naukovykh prats Tsentru voienno-stratehichnykh doslidzhen Natsionalnoho universytetu oborony Ukrainy imeni Ivana Cherniakhovskoho*, 1(83), 88-95. (in Ukrainian).

23. Hazard Definition & Review of Classification. Technical Report // United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) and International Science Council (ISC). 2021. – 123 c. (in English).

24. Prevention, Preparedness and Response to Natural and Man-made Disasters in Eastern Partnership Countries (PPRD East 3). Available at: <https://www.pprdeast3.eu> (accessed 08 November 2024) (in English).

25. PPRD East 3: New Phase for Programme on Resilience to Disasters // Civil Protection Knowledge Network – Available at: <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/projects-exercises/pprd-east-3/> (accessed 08 November 2024) (in English).

26. Hora, I. V., & Batiuk, O. V. (2021). Okremi pytannia zakhystu obiekktiv krytychnoi infrastruktury: zarubizhnyi dosvid. [Critical infrastructure protection issues: foreign experience] *Sotsialno-pravovi studii*, (1), 11. (in Ukrainian).

## ІНЖЕНЕРНИЙ, ФІЗИЧНИЙ ТА ВНУТРІШНІЙ ЗАХИСТ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

### Батир ХАЛМУРАДОВ

кандидат медичних наук, професор, завідувач кафедри цивільної та промислової безпеки імені Героя України Чуба Олександра Сергійовича  
Державний університет «Київський авіаційний університет»,  
batyrc@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2225-6528

### Олег ТРЕТЬЯКОВ

доктор технічних наук, професор, професор кафедри цивільної та промислової безпеки імені Героя України Чуба Олександра Сергійовича Державного університету «Київський авіаційний університет»,  
mega\_ovtr@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0457-9553

### Євген ЛІНЧЕВСЬКИЙ

доктор технічних наук, старший науковий співробітник, начальник Відділу захисту критичної інфраструктури Міністерства розвитку громад та територій України,  
leefirelee@gmail.com, ORCID: 0000-0002-2571-3352

**Мета дослідження:** визначити ключові складові системи захисту об'єктів критичної інфраструктури, оптимальні методи організації інженерного, фізичного, внутрішнього (інсайдерські загрози) захистів з урахуванням воєнних та техногенних загроз задля підвищення стійкості та готовності критичних об'єктів до кризових ситуацій.

**Методи дослідження:** Системний аналіз, методи категоризації і типізації, матриця «CARVER».

**Результати:** визначено основні види необхідного захисту об'єктів критичної інфраструктури; проведено категорювання і типізацію інженерного захисту; визначені принципи організації фізичного захисту об'єктів критичної інфраструктури; проведено категорювання і типізацію осіб, які можуть становити внутрішню загрозу.

**Теоретична цінність дослідження:** запропоновано категорювання і типізація інженерного захисту об'єктів критичної інфраструктури; сформульовані принципи організації фізичного захисту об'єктів критичної інфраструктури з урахуванням концепції стійкості та міждисциплінарного підходу; запропоновано категорювання і типізація осіб, які можуть становити внутрішню загрозу.

**Практична цінність дослідження:** розроблено єдиний підхід для організації інженерного, фізичного і внутрішнього захисту об'єктів критичної інфраструктури з урахуванням воєнних та техногенних загроз.

**Оригінальність:** інтегровано підходи до формування інженерного, фізичного і внутрішнього захисту об'єктів критичної інфраструктури у контексті воєнних та техногенних ризиків в Україні; унікальність підходу полягає в поєднанні міжнародного досвіду із локальними умовами та реаліями сучасної війни.

**Практична цінність:** охарактеризовані рекомендації щодо створення інженерного, фізичного і внутрішнього захисту об'єктів критичної інфраструктури, які можуть бути використані університетами й практичними службами для розробки та вдосконалення програм підвищення кваліфікації працівників операторів критичної інфраструктури.

**Ключові слова:** об'єкти критичної інфраструктури, інженерний захист, фізичний захист, внутрішній захист.

## ENGINEERING, PHYSICAL AND INTERNAL PROTECTION OF CRITICAL INFRASTRUCTURE FACILITIES

### Batyr KHALMURADOV

PhD in Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Civil and Industrial Safety named after Hero of Ukraine Oleksandr Serhiyovych Chub, State University "Kyiv Aviation University", batyrk@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2225-6528

### Oleh TRETAKOV

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor at the Department of Civil and Industrial Safety named after Hero of Ukraine Oleksandr Serhiyovych Chub, State University "Kyiv Aviation University", mega\_ovtr@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0457-9553

### Yevhen LINCHEVSKYI

Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Head of Critical Infrastructure Protection Department, Ministry for Development of Communities and Territories of Ukraine, leefirelee@gmail.com; ORCID: 0000-0002-2571-3352

**Purpose of the study:** to determine the key components of the protection system for critical infrastructure facilities, the optimal methods of organizing engineering, physical, and internal (insider threat) protection, taking into account military and man-made threats in order to enhance the resilience and preparedness of critical facilities for crisis situations.

**Research methods:** systems analysis, categorization and typology methods, CARVER matrix.

**Results:** The main types of protection required for critical infrastructure facilities have been identified; categorization and typology of engineering protection have been carried out; principles of organizing physical protection of critical infrastructure facilities have been defined; categorization and typology of individuals who may pose internal threats have been developed.

**Theoretical value of the study:** proposed categorization and typology of engineering protection of critical infrastructure facilities; formulated principles of organizing physical protection of critical infrastructure facilities with consideration of the resilience concept and an interdisciplinary approach; suggested categorization and typology of individuals who may pose insider threats.

**Practical value of the study:** a unified approach has been developed for organizing engineering, physical, and internal protection of critical infrastructure facilities, taking into account military and man-made threats.

**Originality:** the study integrates approaches to forming engineering, physical, and internal protection of critical infrastructure facilities in the context of military and man-made risks in Ukraine. The uniqueness of the approach lies in combining international experience with local conditions and the realities of modern warfare.

**Practical significance:** recommendations for establishing engineering, physical, and internal protection of critical infrastructure facilities have been characterized, which can be used by universities and practical services to develop and improve training and professional development programs for employees of critical infrastructure operators.

**Keywords:** critical infrastructure facilities, engineering protection, physical protection, internal protection.

### Вступ

Захист критичної інфраструктури є важливим завданням цивільного захисту, особливо у час збройної агресії РФ. Внаслідок атак на територію України вже уражено досить велику кількість об'єктів критичної інфраструктури, зокрема енергетичної галузі, газотранспортної систем і нафтовидобувної промисловості, паливно-енергетичного комплексу. Повномасштабне вторгнення російської федерації на територію України у лютому 2022 року супроводжується

попередніми та новітніми загрозами, насамперед застосуванням високоточних засобів повітряного нападу противника – ракет та безпілотних літальних апаратів. Ключовими характеристиками високоточних засобів повітряного нападу є їх різнотипність та інтенсифікація застосування, вибіркове ураження боєприпасами найважливіших критичних елементів об'єктів критичної інфраструктури, мінлива комбінована тактика застосування їх країною агресором, спроби введення в оману тощо.

### **Постановка проблеми**

Забезпечення безпеки та безперебійного функціонування критичної інфраструктури значною мірою залежить від належного рівня інженерного захисту об'єктів, фізичного і внутрішнього захисту, що потребує підготовленості фахівців, які залучені до здійснення заходів щодо захисту ОКІ. При здійсненні підготовки кадрів у цій галузі край необхідно сформулювати необхідні знання з організації інженерного, фізичного і внутрішнього захисту об'єктів критичної інфраструктури.

### **Мета дослідження**

Визначити ключові складові системи захисту об'єктів критичної інфраструктури, оптимальні методи організації інженерного, фізичного, внутрішнього (інсайдерські загрози) захистів з урахуванням воєнних та техногенних загроз задля підвищення стійкості та готовності критичних об'єктів до кризових ситуацій.

### **Методологія дослідження**

Методологія дослідження спрямована на всебічну оцінку ефективності сучасних методів інженерного, фізичного, внутрішнього захистів з урахуванням воєнних та техногенних загроз.

### **Результати**

Основною метою підвищення кваліфікації осіб, які залучаються до здійснення заходів захисту ОКІ, є забезпечення особистісного та професійно-діяльнісного самовдосконалення на основі сучасних методів організації інженерного, фізичного, внутрішнього (інсайдерські загрози) захистів об'єктів критичної інфраструктури.

## **1. Визначення типів захисту об'єктів**

Збройна агресія російської федерації стала найбільшим викликом для національної безпеки України за весь час її незалежності.

Воєнна агресія російської федерації має ознаки тривалої, а перемога України у війні означає не тільки повернення загарбаних територій, а і створення системи безпеки, що мінімізує чинники виникнення можливих загроз в майбутньому.

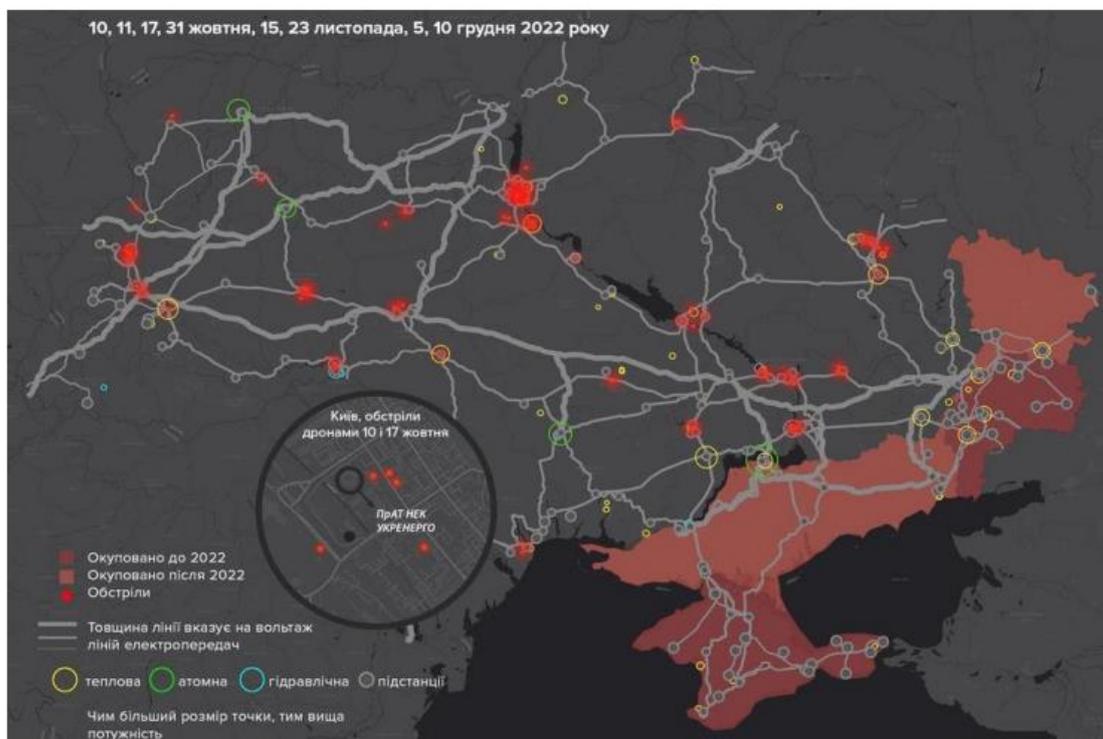
Державна політика у сфері захисту критичної інфраструктури ґрунтується на таких засадах [1]:

- 1) визнання необхідності забезпечення безпеки та стійкості критичної інфраструктури;
- 2) визначення законодавчих вимог до принципів і підходів захисту критичної інфраструктури, пріоритетів, стратегічних завдань у цій сфері;
- 3) визначення суб'єктів національної системи захисту критичної інфраструктури, їх повноважень і засад відповідальності, порядку взаємодії;
- 4) створення умов та впровадження заходів, спрямованих на ефективне зниження і контроль за ризиками безпеки, зниження ризику реалізації можливих загроз, ліквідацію та/або мінімізацію наслідків реалізованих загроз, кризових ситуацій та інших їх видів;
- 5) створення системи раннього виявлення загроз критичній інфраструктурі;
- 6) запровадження державно-приватного партнерства, взаємодії суб'єктів господарювання та населення з питань забезпечення захисту і стійкості критичної інфраструктури;
- 7) забезпечення міжнародного співробітництва у сфері захисту критичної інфраструктури;
- 8) створення умов для швидкого відновлення життєво важливих функцій та надання послуг у разі реалізації загроз і порушення функціонування критичної інфраструктури.

Забезпечення безпеки критичної інфраструктури є складною проблемою для кожної держави і головними викликами можна назвати такі [2]:

- значущість кожного із секторів критичної інфраструктури та її самої в цілому;
- управління безпекою за умов взаємозалежності діяльності урядових органів, державного і приватного секторів, регулюючих та економічних чинників;
- обмін інформацією, який уже на стадії збирання і зіставлення необхідних даних є значною проблемою, оскільки державні органи є здебільшого вертикально орієнтованими структурами, які накопичують інформацію, а елементи критичної інфраструктури розпорочені між державою та чималою кількістю приватних компаній;
- взаємозалежність елементів і секторів критичної інфраструктури внаслідок притаманних їм комплексних різномірних взаємодій та взаємозв'язків.

Зважаючи на те, що більшість систем критичної інфраструктури має мережеву архітектуру, то захищати необхідно передусім головні «вузли» цих систем. Можна перекопатися, що саме за цією стратегією діяла рф, завдаючи ударів по критичній інфраструктурі України у 2022-2023 рр. (рисунок 1).



**Рисунок 1** – Мапа масованих ударів рф проти об'єктів енергетичної критичної інфраструктури України до грудня 2022 року

В залежності від виникнення і реалізації загроз для об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ) виникає потреба у цілій низці варіантів захисту:

- інженерний захист, спрямований на забезпечення стійкого функціонування ОКІ в умовах сучасних воєнних загроз (ракетна атака, КАБи, ФАБи, БПЛА тощо);
- фізичний захист (несанкціоноване проникнення ДРГ, зловмисників);
- кіберзахист (хакерські атаки, кібератаки, кібершпигунство тощо);
- внутрішній захист (інсайдерські загрози).

#### **Інженерний захист об'єктів критичної інфраструктури**

Під інженерним захистом ОКІ енергетичної галузі розуміється сукупність заходів з інженерного обладнання елементів ОКІ з метою підвищення їхньої живучості, безпеки персоналу та стійкого функціонування електроенергетичної та газотранспортної систем, нафтовидобувної промисловості держави в інтересах забезпечення життєвих потреб суспільства [4].

Побудова ефективної системи захисту ОКІ є пріоритетним завданням держави. Як активний захист, так і пасивний, в основі якого є інженерний захист ОКІ – розглядається сьогодні як загальносвітова проблема, тому що масштаби застосування засобів повітряного нападу (ЗПН) РФ по ОКІ України не мають аналогів за масштабами, демонструючи тенденції та виклики війн майбутнього [5, 6]. Така система покликана забезпечити інтегральний захист території, об'єктів, громадян та суспільства загалом від засобів повітряного нападу. У практичній площині це означає насамперед прикриття ОКІ, цивільний захист, стійкість систем життєзабезпечення, безпеку міського середовища тощо. Концепція побудови перспективного інженерного захисту ОКІ ґрунтується на розумінні явищ і процесів застосування противником ЗПН та містить сукупність поглядів щодо характеру, обсягів і послідовності організації та виконання заходів інженерного обладнання найважливіших елементів ОКІ.

Концепцією передбачається реалізувати впродовж 2023-2027 рр. За термінами досягнення цілей організаційно-технічні заходи доцільно розподілити на такі етапи: короткострокові (першочергові) – до одного місяця; середньострокові – до одного року; довгострокові – два-п'ять років (рисунок 2) [7].

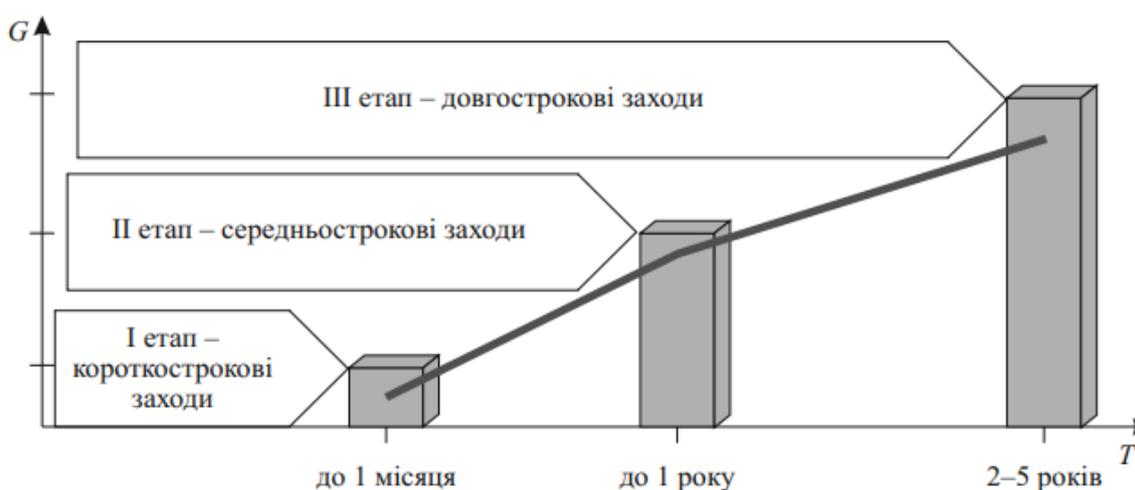


Рисунок 2 – Очікуваний приріст живучості ОКІ відповідно до етапів реалізації концепції інженерного захисту ОКІ України

Короткострокові (першочергові) заходи інженерного захисту призначені для зменшення ймовірності ураження основних елементів ОКІ від уламкової та фугасної дії продуктів вибуху ЗПН противника. До короткострокових (першочергових) організаційно-технічних заходів належать: планування характеру та обсягів інженерного захисту ОКІ на основі аналізу прогнозних оцінок щодо можливого застосування противником ЗПН; розроблення індивідуальних або типових інженерно-технічних рішень щодо споруд першої черги для елементів ОКІ; забезпечення потрібними матеріально-технічними засобами (включаючи підручні матеріали) та іншими ресурсами; зведення інженерних споруд; експлуатація інженерних споруд з урахуванням технологічних вимог ОКІ; ліквідація наслідків повітряних ударів противника та відновлення пошкоджених інженерних споруд на ОКІ [4].

Метою середньострокових заходів інженерного захисту є мінімізація збитків від ураження ОКІ шляхом зведення надповерхневих інженерних споруд підвищеного ступеня захисту. До середньострокових організаційно-технічних заходів належить проєктування і виготовлення елементів інженерних споруд підвищеного ступеня захисту; забезпечення потрібними матеріально-технічними засобами; зведення інженерних споруд підвищеного ступеня захисту; експлуатація інженерних споруд на ОКІ; виконання інженерних заходів щодо введення противника в оману демонстративними діями стосовно наслідків повітряних ударів; ліквідація наслідків повітряних ударів противника та відновлення пошкоджених інженерних споруд; здійснення контролю заходів щодо удосконалення інженерного захисту ОКІ другої черги [4].

Досягти надійного захисту ОКІ від ураження у разі прямого влучання в них ЗПН можливо тільки завдяки довгостроковими заходами інженерного захисту, шляхом підземної урбанізації із

опорою на існуючу забудову із перенесенням елементів ОКІ до заглиблених захищених приміщень. До довгострокових організаційно-технічних заходів належать: проєктування підземних інженерних споруд для інженерного обладнання елементів ОКІ; забезпечення потрібними матеріально-технічними засобами; зведення підземних інженерних споруд з максимальною опорою на існуючу забудову місцевості із складанням технічної документації та обліку матеріальних засобів; встановлення нового та перенесення існуючого технологічного обладнання до підземних інженерних споруд; експлуатація інженерних споруд на ОКІ; здійснення контролю заходів щодо удосконалення інженерного обладнання ОКІ третьої черги [4].

Головним показником для оцінювання стійкості ОКІ та фінансових втрат у разі його пошкодження є час, необхідний для відновлення нормального функціонування ОКІ після дії на нього певної загрози ураження. Тобто чим менший час відновлення ОКІ, тим більшою є його стійкість до впливу загрози. З огляду на зазначене було запропоновано визначати категорії важливості елементів ОКІ таким чином [5].

**Категорія А** – конструкції та елементи ОКІ, відмова яких може призвести до повної непридатності до експлуатації ОКІ загалом або значної його частини, а відновлення триває понад три тижні. Прикладами таких елементів на об'єктах енергетичної сфери є головні трансформатори, центри управління, турбіни, генератори тощо.

**Категорія Б** – конструкції та елементи ОКІ, відмова яких може призвести до ускладнення нормальної експлуатації ОКІ або до відмови інших елементів ОКІ, які не належать до категорії А, а їх відновлення триває один–три тижні. Прикладами таких елементів є газорозподільчі вузли.

**Категорія В** – конструкції та елементи, відмови яких не призводять до порушення основної функції ОКІ, функціонування інших конструкцій або їхніх елементів, а відновлення триває до одного тижня. Це другорядні газопроводи, лінії електроживлення тощо.

На основі аналізу можливих засобів повітряного нападу противника та результатів їхніх влучань по основних елементах ОКІ запропоновані три типи інженерного захисту елементів ОКІ [4].

**Тип І** – первинний захист споруд від осколкового ураження та від дії вибухової ударної хвилі в разі вибуху на відстані 15 м від елемента. Пропонуються декілька варіантів конструктивного інженерного рішення первинного захисту елементів ОКІ. Для бічного часткового захисту елементів запропоноване використання пірамідоподібних споруджень з фортифікаційних габіонів, у виключному випадку – із бігбегів, мішків, залізобетонних і металевих збірних елементів. Такий тип захисту є частковим, оскільки не захищає елемент ОКІ зверху. Такі споруди мають протиосколкове призначення в разі фугасного влучання в землю всіх відомих типів ракет або дронів-камікадзе противника на відстані 15 м від елемента. Також до першого типу належать посилення і збільшення живучості існуючих конструкцій будівель та споруд чи внутрішнього устаткування шляхом улаштування металевих кожухів, обкладання цеглою, встановлення додаткових опор.

**Тип ІІ** – укриття типу «шелтер» із зовнішнім захисним решітчастим екраном, який затримує прямі влучання дронів-камікадзе типу баражуючий боєприпас, та внутрішньої захисної оболонки, яка захищає від ударної хвилі та уламків у разі їх вибуху в момент зіткнення з екраном, а також у разі фугасного влучання в землю усіх відомих типів ракет противника на відстані 15 м від елемента.

При цьому захист елементів ОКІ завширшки до 20 м пропонується забезпечувати засипкою стін і покрівлі ґрунтом, а захист елементів завширшки понад 20 м – спеціальними плитами покрівлі. Для великих прольотів також потрібно встановлювати внутрішні колони. Детальніше захисні конструкції даного типу описані у. До другого типу захисту віднесені також внутрішні захисні споруди елементів ОКІ всередині будівель за умов недоцільності зведення загального зовнішнього захисту або коли немає можливості його обладнання.

**Тип ІІІ** – підземна урбанізація ключових елементів ОКІ, покликана захистити від прямого поодинокого влучання в елемент ОКІ всіх відомих типів крилатих та балістичних ракет противника з фугасною чи проникною бойовою частиною.

Цей підхід узгоджується із чинним нормативом ДБН В.1.2-14 [7]. Під час улаштування захисту кожного елемента ОКІ енергетичної галузі України, крім військових загроз, мають бути враховані його габарити, технологічні параметри для функціонування та обслуговування, ремонтпридатність і збережуваність. Пропонований підхід є дієвим, тому що прямо пов'язує конструктивні розрахунки елементів будівель та споруд ОКІ із коефіцієнтами безпеки за призначенням згідно з ДБН В.1.2-14 [7].

#### Рівні захисту ОКІ та їх елементів

**Захист першого рівня** – це первинне забезпечення існуючих елементів та устаткування ОКІ від дії факторів ураження засобами повітряного нападу (ЗПН) противника у разі непрямих влучань на певній відстані від цільового елемента об'єкта. Таку відстань можна дізнатися коли точно відомий тип ЗПН противника, його тактико-технічні характеристики, або на основі статистики реальних влучань [9].



Рисунок 3 – Приклади інженерного захисту елементів ОКІ за першим рівнем на реальних об'єктах: а-в – із застосуванням габйонних конструкцій; г – металевих листів

**Другий рівень** за концепцією «Країна-фортеця» – це інженерний захист існуючих елементів та устаткування ОКІ, які мають витримувати прямі поодинокі влучання БпЛА-камікадзе та БпЛА типу «баражуючий боєприпас», а також відповідно витримувати дію факторів поодинокого влучання ракети на відстані 15 м від захисного елемента ОКІ (див. вище). Факторами ураження для ракет і БпЛА є первинні та вторинні осколки і вибухова ударна хвиля, при цьому для БпЛА у разі прямих влучань також додається кінетична дія. За конструкцією захисні інженерні споруди другого рівня поділяються на такі: – монолітні залізобетонні; – збірні залізобетонні; – металеві; – комбіновані [10].

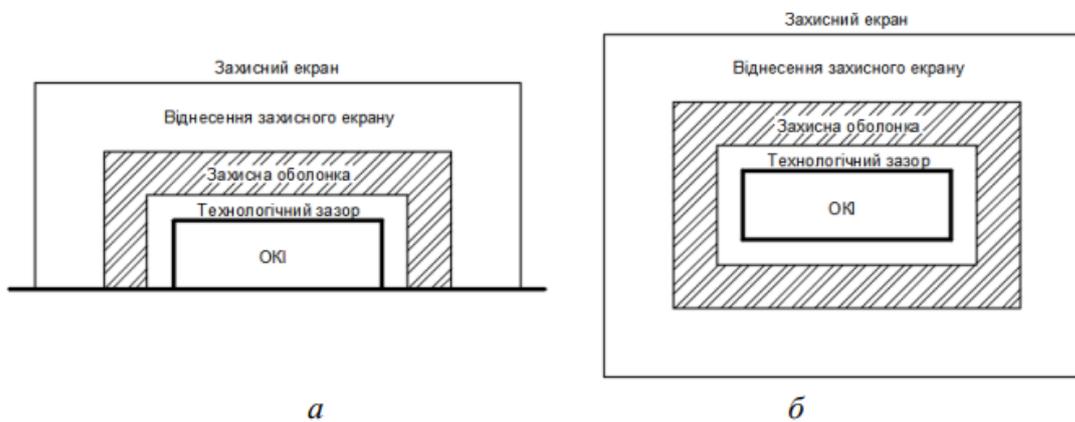


Рисунок 4 – Принципова пропонована схема інженерного захисту ОКІ від прямих влучань БпЛА типу «Shahed»: *a* – розріз; *б* – план

**Захист третього рівня** згідно з концепцією «Країна-фортеця» – це підземна урбанізація ключових елементів ОКІ, яка покликана захистити від прямого поодинокого влучання в елемент ОКІ усіх відомих типів БпЛА, крилатих та балістичних ракет противника [11, 12].

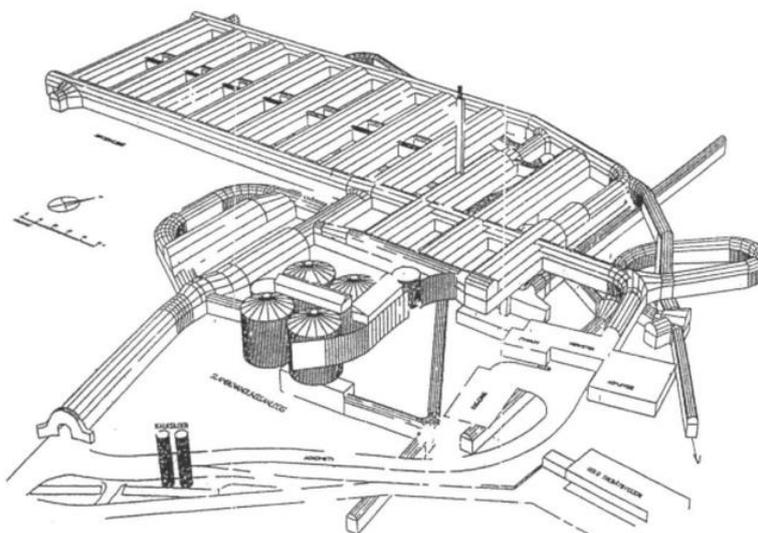


Рисунок 5 – Норвезька підземна сміттепереробна станція

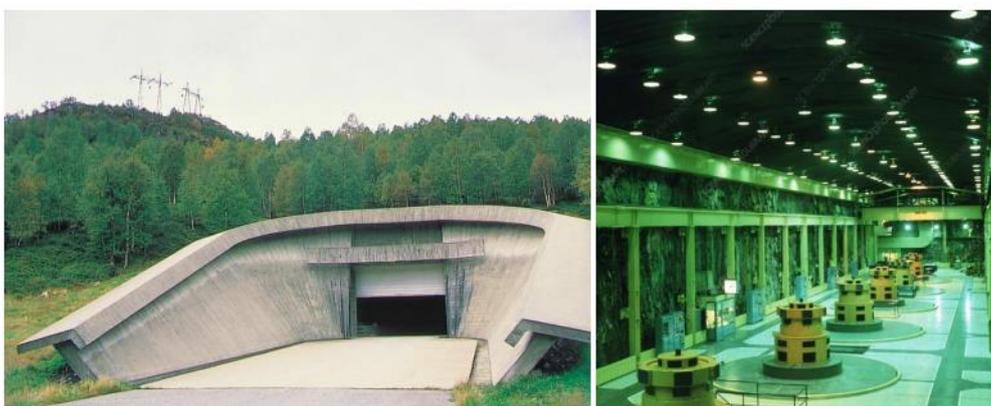


Рисунок 6 – Заглиблена електростанція, розташована в муніципалітеті Sirdal, Канада, яка знаходиться на глибині 300 м під землею [13]

### Фізичний захист

**Фізичний захист** – діяльність операторів об'єктів критичної інфраструктури щодо захисту об'єктів критичної інфраструктури, спрямована на оперативне реагування на протиправні дії та фізичні атаки, запобігання неправомірному втручання в роботу операційних систем чи систем фізичної безпеки об'єкта критичної інфраструктури, забезпечення організації охорони та захищеності об'єктів критичної інфраструктури.

Система фізичної безпеки об'єктів критичної інфраструктури створюється, виходячи з принципів [14]:

–глибокоешелонованого захисту (сукупність послідовних фізичних бар'єрів на шляху сторонніх осіб у зони обмеженого доступу об'єктів критичної інфраструктури в сукупності з технічними засобами і організаційними заходами, що спрямовані на недопущення відхилення від нормальних умов експлуатації об'єктів критичної інфраструктури, запобігання кризовим ситуаціям і обмеження їх наслідків);

–диференційованого підходу, згідно з яким забезпечується відповідність рівня фізичного захисту об'єктів критичної інфраструктури та потенційним наслідкам вчинення протиправних дій щодо системи фізичної безпеки об'єктів критичної інфраструктури; збалансованого захисту;

–мінімізації наслідків при відмові одного елемента системи, системності (функціонування системи фізичної безпеки об'єктів критичної інфраструктури має системний, упорядкований та постійний характер);

–запобігання вчиненню протиправних дій, згідно з яким забезпечується виявлення потенційних загроз щодо об'єктів критичної інфраструктури та вжиття заходів для успішної протидії таким загрозам;

–адаптивності, згідно з яким забезпечується виконання завдань системи фізичної безпеки об'єктів критичної інфраструктури у разі зміни проєктної загрози;

–адекватності (умови функціонування системи фізичної безпеки об'єктів критичної інфраструктури відповідають рівню наявних загроз щодо об'єктів критичної інфраструктури);

–інформативності (оператори критичної інфраструктури своєчасно забезпечуються інформацією про наявні та потенційні загрози щодо об'єктів критичної інфраструктури в обсягах, що дають змогу операторам критичної інфраструктури вживати відповідних заходів для успішної протидії таким загрозам);

–виявлення та усунення причин протиправних дій, згідно з яким забезпечується здійснення постійного контролю за відповідністю системи фізичної безпеки об'єктів критичної інфраструктури вимогам законодавства та вжиття заходів з усунення виявлених невідповідностей.

Завданнями системи фізичної безпеки об'єктів критичної інфраструктури є:

–виявлення вторгнення сторонніх осіб у зони обмеженого доступу об'єктів критичної інфраструктури;

–запобігання просуванню та здійсненню сторонніми особами протиправних дій щодо об'єктів критичної інфраструктури;

–реагування на протиправні дії сторонніх осіб на об'єктах критичної інфраструктури;

–пом'якшення наслідків незаконних дій сторонніх осіб щодо об'єктів критичної інфраструктури.

Заходи фізичного захисту діють за принципами:

–стримати;

–виявити;

–затримати;

–реагувати;

–відновити.

**Стримати** – противник буде розвідувати ціль перед здійсненням атаки.

Зображуйте підприємства з високим рівнем безпеки, щоб виглядати менш вразливими, і переривайте процес планування, зменшуючи ймовірність того, що вони стануть мішенню.

–Охорона та персонал на входах.

–Зміцнення зовнішнього вигляду (тобто, поєднання надійних парканів або стін, освітлення, камер).

–Знак безпеки.

–Зовнішні патрулі.

–Відкриті зони.

**Виявити** – чим раніше планування, розвідку або сам напад буде виявлено та перервано, тим менша ймовірність його успіху. Оптимально, щоб напад був виявлений на етапі планування за допомогою систем виявлення присутності противника, який веде розвідку.

–Навчання працівників щодо конкретних видів діяльності, які слід вважати підозрілими, і як повідомляти про них у відповідні органи.

–Перевірка анкетних даних та огляди мають важливе значення для перевірки потенційних працівників, підрядників, водіїв вантажівок та відвідувачів перед тим, як вони потрапляють на територію підприємства.

–Системи виявлення вторгнень, камери відеоспостереження, сигналізація та часті раптові обходи охоронців.

Аналітичне програмне забезпечення для систем відеоспостереження є цінним доповненням на відкритих територіях.

**Затримування** – мають існувати достатні фізичні/адміністративні бар'єри, що ускладнюють доступ до критично важливих активів, але вони ефективні лише тоді, коли застосовуються разом із заходами з виявлення.

–Перевірка особи та мета візиту.

–Обшук осіб, посилок і транспортних засобів (також виявлення).

–Кілька рівнів огорожі або інших фізичних блокувальних пристроїв, як-то шлагбауми та внутрішні кільцеві бар'єри, наприклад, замкнені двері з системами контролю доступу.

–Запобігання прямому, необмеженому доступу особи або транспортного засобу без автоматичного або ручного визначення контролю доступу та авторизації.

**Реагування** – мати можливість реагувати на ймовірні наслідки успішного нападу:

–Місцеві правоохоронні органи та військові мають брати участь у процесі планування дій у надзвичайних ситуаціях, який має включати питання безпеки.

–Необхідно завершити ретельний аналіз і координацію спільних сил і засобів реагування з чітким розподілом обов'язків. Використання об'єднаного командування є найкращим рішенням, яке має застосовуватися регулярно

–Двостінний резервуар та інші заходи, які пом'якшують наслідки.

**Внутрішній захист (інсайдерські загрози)**

Будь-яка особа, яка зловмисно чи ненавмисно може завдати шкоди організації, про яку він або вона володіє внутрішньою інформацією чи до якої така особа має доступ – становить внутрішню загрозу.

Категорії осіб, які можуть становити внутрішню загрозу:

–працівники;

–підрядники;

–клієнти;

–відвідувачі;

–волонтери.

Типи працівників, які становлять внутрішню загрозу:

–скомпрометовані працівники;

–недбалі працівники;

–зловмисні працівники.

Скомпрометовані працівники:

–працівники, які зробили помилку і яких використовують для досягнення зловмисних цілей;

–як правило, це хтось на посаді з високим рівнем доступу;

–також це можуть бути мимовільні співучасники.

Недбалі працівники:

–ненавмисна загроза – це необережний співробітник, який приймає хибні рішення;

– залишає комп'ютер розблокованим, залишає документи на столі, не веде облік зразків продукту.

Зловмисні працівники:

- незадоволені та ображені працівники;
  - люди, які приймають свідоме рішення щодо досягнення зловмисної мети;
  - існує багато причин, але найчастіше – це фінансові проблеми або розчарування.
- Загальнозрозумілі мотиви: чому вони це роблять?

|              |                  |                        |
|--------------|------------------|------------------------|
| Жадібність   | Егоїзм           | Гнів                   |
| Підлещування | Помста           | Компульсивна поведінка |
| Ідеологія    | Сімейні проблеми | Конфлікт інтересів     |
| Задоволення  | Шантаж           | Радикалізація          |

Організації можуть бути вразливими за певних обставин:

1. Штатні співробітники зазвичай мають законний доступ до організації.
2. Широке використання персональних пристроїв дає змогу легко отримувати доступ до корпоративних ресурсів.
3. Часто інциденти розцінюються як важко передбачувані.
4. Наша власна поведінка може стати перешкодою для виявлення внутрішніх загроз.
5. Наше сприйняття оточуючих визначає те, як ми можемо сприймати слова чи дії, з якими стикаємося.

6. Певні упередження часто заважають нам розглядати внутрішню загрозу як проблему. Існують певні проблеми спостереження за поведінкою співробітників.

1. Дуже важко визначити внутрішню загрозу лише на основі поведінкових ознак – що таке нормальна поведінка?

2. Існують деякі загальні поведінкові ознаки, які вказують на те, що співробітник становить загрозу, але не всі індикатори слід обов'язково розглядати як такі, що ведуть до подібного логічного висновку – можуть бути приховані проблеми.

3. Жодна особливість поведінки не є більш показовою для прогнозування агресії, ніж інша.

4. Люди не стають зненацька агресивними без передвістя або суттєвого стимулу.

5. Результати досліджень свідчать про те, що насильство на робочому місці не відбувається випадково або зненацька. Порушники зазвичай демонструють певну поведінку, що викликає занепокоєння.

6. Надзвичайні події в організації можуть вплинути на нормальну за інших обставин особу. Існують певні індикатори потенційної загрози.

1. Без потреби або дозволу бере додому корпоративні або інші матеріали у вигляді документів, на USB-накопичувачах чи комп'ютерних дисках або через електронну пошту.

2. В обхід процедур намагається знайти або отримує корпоративну чи секретну інформацію на теми, не пов'язані з робочими обов'язками.

3. Проявляє надмірний інтерес до питань, що виходять за межі його обов'язків.

4. Без необхідності копіює матеріали, особливо якщо вони є корпоративними або секретними

5. Віддалено під'єднується до комп'ютерної мережі під час відпустки, на лікарняному або в інший нестандартний час.

6. Нехтує комп'ютерною політикою компанії щодо встановлення особистого програмного або апаратного забезпечення, доступу до заборонених вебсайтів, проведення несанкціонованого пошуку або завантаження конфіденційної інформації.

7. Працює в неробочий час без дозволу; демонструє помітний ентузіазм до понаднормової роботи, роботи у вихідні дні або до незвичайного графіку, коли легше займатися тасмними справами.

8. Не повідомляє про іноземні контакти (особливо з урядовими посадовими особами або співробітниками розвідувальних служб інших країн) або поїздки за кордон.

9. Проявляє незвичний інтерес до особистого життя колег та ставить недоречні запитання щодо їхніх фінансів чи стосунків.

10. Демонструє стурбованість тим, що відносно нього/неї проводиться розслідування, залишає пастки, щоб виявити обшуки на робочому місці чи вдома, або шукає пристрої для прослуховування чи камери.

11. Вступає в підозрілі особисті контакти, наприклад із конкурентами, бізнес-партнерами або з іншими сторонніми особами.

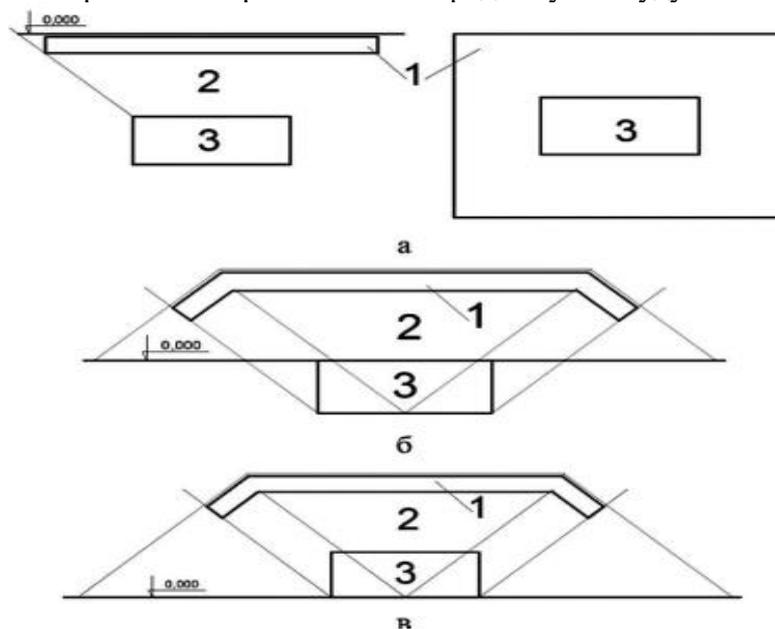
12. Здається пригніченим життєвими кризами або кар'єрними розчаруваннями.

13. Демонструє незрозуміле багатство (купує речі, які не може собі дозволити на особисті доходи).

## 2. Організація охоронної, інженерно-технічної охорони об'єктів

Пропонуються такі варіанти конструктивного технічного рішення захисту елементів ОКІ із заглибленням (рисунок 7). У кожному конкретному випадку мають враховуватися фізико-географічні, гідрогеологічні, кліматичні та інші умови місця зведення захисних споруд.

Аналіз результатів проведених досліджень досвіду побудови системи захисних споруд у провідних країнах світу дав підстави визначити тенденцію застосування компоновальних схем укриття. Так, в Ізраїлі захисні споруди для захисту ОКІ зводяться як поверхневі та частково заглиблені (рисунок 7 б, в). При цьому передбачене багатошарове поверхнєве покриття з різним функціональним призначенням та бічним і поверхневим захистом, проте тільки від дронів-камікадзе та ракет невеликого калібру. У Норвегії захисні споруди ОКІ зводяться переважно з повним заглибленням, зокрема понад 200 гідроелектростанцій (рисунок 7 а), а у США та Швеції компоновальні схеми мають комбінований характер. Масштабні підземні проекти (рисунок 7 а) переважно військового призначення реалізовані та продовжують будуватися в Китаї.



**Рисунок 7** – Варіанти конструктивного технічного рішення захисту елементів ОКІ:

а – з повним заглибленням; б – із частковим заглибленням; в – на поверхні:

1 – залізобетонна оболонка, 2 – розподільча товща ґрунту, 3 – остов захисної споруди ОКІ

Іншим ефективним підходом, прийнятим у багатьох західних країнах для оцінювання критичності елементів всередині ОКІ, є так звана матриця «CARVER» [16]. Цю методику аналізу уразливості критичної інфраструктури використовують для оцінювання потенційних цілей атак. CARVER є скороченням від англійської фрази «Criticality, Accessibility, Recuperability, Vulnerability, Effect, and Recognizability» (критичність, доступність, відновлюваність, уразливість, ефект та впізнаваність), матрицю розробили військові США:

С – Criticality/критичність – ідентифікація критичних елементів, окремих точок уразливості;

A – Accessibility/доступність – визначення легкості доступу до критичних систем, операцій та активів;

R – Recuperability/відновлюваність – час потрібний для відновлення після нападу;

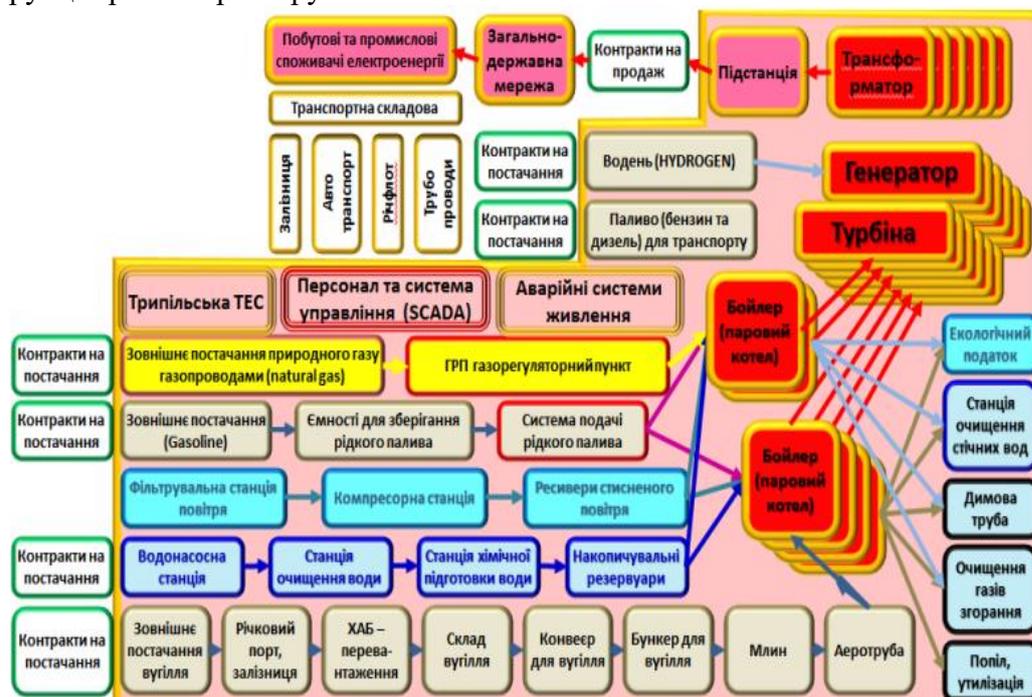
V – Vulnerability/уразливість – ефективність системи безпеки проти спроможностей противника;

E – Effect/ефект – масштаб та розмір наслідків;

R – Recognizability/впізнаваність – потенціал противника розпізнати і визначити актив як критичну або значущу ціль.

**Приклад.** На рис. 8 показано логіко-структурні схеми функціоналу для об'єкта-представника ОКИ, типової ТЕС. Вибраний для прикладу об'єкт є мультипаливною ТЕС із такими основними ознаками:

- широка територія (пн-пд – близько 1,3 км; сх-зх – близько 5,5 км);
- наявність з південного боку протяжних пагорбів;
- наявність з північного боку рівнинної місцевості, міської забудови та об'єктів цивільної інфраструктури;
- наявність зі східного боку водного басейну річки, що простягається з півночі на схід;
- наявність на території ОКИ двох важливих об'єктів великого розміру та кількох інших важливих об'єктів;
- наявність демаскуючих ознак у видимому оптичному діапазоні у вигляді споруд великого розміру;
- наявність демаскуючих ознак у тепловому оптичному діапазоні у вигляді технологічних споруд високої теплової контрастності; наявність демаскуючих ознак у радіолокаційному діапазоні у вигляді великої кількості металевих і залізобетонних конструкцій різного розміру.



Для того, щоб визначитися й обрати тип технічного охоронного засобу, потрібно ознайомитися з їхньою класифікацією. Основні засоби – це:

- Відеонагляд.
- Охоронна сигналізація.
- Контроль доступу.
- Пожежна сигналізація.

Технічна охорона – це використання на об'єкті досягнень науки й техніки в галузі охоронних пристроїв. І однією з умов створення ефективної системи безпеки на об'єкті є використання цілого комплексу сучасних технічних засобів охорони.

Сьогодні серед дієвих і ефективних засобів технічної охорони переважають такі:

- тривожна кнопка. Монтується на стіні, під стільницею або іншою поверхнею, може бути перенесена. Передає сигнал на пульт для виклику групи захоплення;
- технічні засоби пожежної охорони. Мають пожежні датчики, сповіщувачі та інші елементи системи. У разі виявлення продуктів горіння передають сигнал тривоги на пульт;
- технічні засоби охоронної сигналізації. Мають датчики, що встановлюються на рухомі частини вікон і дверей, датчики руху, сигнальні пристрої, контрольну панель і клавіатуру. Спрацьовують при спробі проникнення в приміщення;
- пультова охорона. Це комплекс робіт з організації дистанційної охорони, яка передбачає під'єднання до центрального пульта для постійного моніторингу;
- технічні засоби відеонагляду. Камери, що записують, пристрої, акумулятори та інше супутнє обладнання. Сигнал, як правило, передається на монітор для віддаленого контролю ситуації. У разі виявлення порушників вживаються оперативні заходи.

### **3. Застосування нелетальних засобів захисту об'єктів критичної інфраструктури**

Посилення заходів безпеки для захисту об'єктів критичної інфраструктури зазнало значної еволюції, а законодавчі зусилля інтенсифікуються в глобальному масштабі. Завдяки продемонстрованій майстерності у забезпеченні неперевершеного захисту об'єктів з високим рівнем безпеки провідні виробники нелетальних засобів захисту ОКІ, зокрема фірма Suprema провідним постачальником передових рішень для захисту об'єктів критичної інфраструктури по всьому світу, включаючи атомні електростанції, водоочисні споруди та нафтохімічні заводи. Інноваційні рішення сучасних фірм не обмежуються простим контролем доступу, а пропонують багаторівневу біометричну автентифікацію, безперебійну інтеграцію сигналізації, управління в надзвичайних ситуаціях та безперебійну інтеграцію відеоспостереження, забезпечуючи таким чином комплексний і надійний захист від потенційних загроз.

Більшість об'єктів критичної інфраструктури запроваджують цілу низку вимог до таких систем захисту:

- надійна стабільність системи в режимі 24/7;
- функції екстреного керування з інтеграцією пожежної сигналізації;
- звітність про прохід у зонах з обмеженим доступом;
- суворий контроль доступу в зонах з високим рівнем безпеки;
- складна система керування відвідувачами;
- інтеграція відеоспостереження;
- інтеграція охоронної сигналізації;
- запобігання проходу «хвостиком» (пігбекінгу).

Забезпечення виконання означених вимог досягається використанням новітніх принципів і приладів контролю:

Додатковий рівень безпеки за допомогою біометрії:

- багатофакторна автентифікація з будь-якою комбінацією відбитків пальців, обличчя, радіочастотної картки та/або PIN-коду;
- найкращі у світі технології розпізнавання відбитків пальців та обличчя;
- гнучкість у дизайні системи, що диференціює методи автентифікації від суворих точок доступу з високим рівнем безпеки до громадських зон.

Аварійне керування:

- підтримка мустерних зон і перекличок;
- конфігурація зон пожежної сигналізації;
- відмовостійка конфігурація за допомогою зчитувачів доступу та/або BioStar 2;
- вхід пожежних датчиків на периферійні пристрої/ACU;
- виведення сигналу тривоги з периферійних пристроїв/ACU.

Ефективні антитейлгейтингові рішення:

- антипасбек для запобігання можливому шахрайству через спроби проходження «хвостиком» (піггібекінгу);
- конфігурація «пастки» для послідовного входу через двоє дверей;
- пуш-сповіщення в реальному часі та потокове відео для адміністраторів у разі настання попередньо визначених подій.

Інтеграція з відеоспостереженням:

- доступна двостороння інтеграція відеоспостереження;
- 1. відеозаписи зберігаються на сервері BioStar 2
- 2. події доступу доставляються в VMS разом з розташуванням камер і точок доступу
- передача відеозаписів в режимі реального часу адміністраторам при виникненні заздалегідь визначених подій;
- повна підтримка SDK та API для безперешкодної інтеграції з існуючими системами відеоспостереження.

Надійна робота 24/7 об'єкта критичної інфраструктури досягається завдяки:

- забезпеченню роботи OKI в умовах від повної темряви (0 люкс) встановленням освітлювальних пристроїв, що гарантують рівень денного світла (25 000 люкс), які зазвичай встановлюють на входах на об'єкти;
- моніторингу об'єкта в режимі реального часу та звітності за допомогою програмного забезпечення BioStar 2 та додатка для смартфонів.

Комплексне управління відвідувачами здійснюється завдяки:

- BioStar 2 надає комплексні функції управління відвідувачами;
- керуванню до 128 групами доступу та 1 000 зчитувачами доступу;
- повній підтримці інтеграції з існуючим програмним забезпеченням для управління відвідувачами та додатками для бейджів;
- розгорнутій звітності по аудиторському сліду.

**BioStar 2** – це безпекова інтегрована вебплатформа, яка забезпечує комплексну функціональність систем контролю доступу, обліку робочого часу, управління відвідувачами та ведення відеожурналів подій. Вона шифрує всі доступні персональні дані та підтримує SDK і веб-API для інтеграції BioStar 2 зі стороннім програмним забезпеченням. Крім того, користувачі можуть віддалено керувати платформою BioStar 2 за допомогою мобільного додатка BioStar 2 Mobile. Платформа Suprema BioStar 2 і пристрої контролю доступу сертифіковані ISO щодо заходів захисту даних і відповідають вимогам GDPR і CCPA, виконуючи всі 26 стандартів управління захистом даних, 114 вимог управління захистом даних та 18 вимог до управління персональними даними. Вся особиста інформація, що зберігається в продуктах Suprema, включаючи біометричні дані, шифрується алгоритмом AES, ключі шифрування зберігаються в криптографічних мікросхемах (SecureElement), а шляхи доступу до них надійно заблоковані.

### Список використаних джерел

1. Закон України «Про критичну інфраструктуру» від 16.11.2021 № 1882-IX.
2. Захист критичної інфраструктури: проблеми та перспективи впровадження в Україні (аналітична доповідь). - К.: НІСД, 2012. - 57 с.
3. Як росіяни атакують українську енергосистему/ Д. Сярки. <https://www.kunsht.com.ua/articles/iak-rosiianu-atakuiut-ukrayinsku-enerhosystemu>

4. Основи інженерного захисту об'єктів критичної інфраструктури енергетичної галузі України від засобів повітряного нападу противника: монографія, / [М.В. Коваль, В.В. Коваль, А.С. Білик, В.І. Коцюрба, О.М. Кубраков]; під ред. А.С.Білика. – К.: Генеральний штаб Збройних Сил України, 2023. – 185 с.
5. ДСТУ ISO 15686-5:20XX. Будівлі та об'єкти нерухомого майна. Планування строку експлуатації. Частина 5. Оцінювання вартості життєвого циклу (ISO 15686-5:2017, IDT). – 101 с.
6. ДСТУ 9171:2021 “Настанова щодо забезпечення збалансованого використання природних ресурсів під час проектування споруд”. – 91 с.
7. Коваль М.В., Коваль В.В., Коцюрба В.І., Білик А.С. Організаційно-технічні засади побудови системи інженерного захисту об'єктів критичної інфраструктури енергетичної галузі України // “Наука і оборона”, 2023 – С.11-16/
8. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. – 36 с.
9. Koks, E., Pant, R., Thacker, S. et al. Understanding Business Disruption and Economic Losses Due to Electricity Failures and Flooding. *Int J Disaster Risk Sci* 10, 421–438 (2019). – URL: <https://doi.org/10.1007/s13753-019-00236-y>.
10. Коцюрба В.І., Білик А.С. та ін. Методика розрахунків та обґрунтування вимог до інженерного захисту об'єктів критичної інфраструктури від БПЛА типу баражуючий боеприпас/ Опір матеріалів і теорія споруд/*Strength of Materials and Theory of Structures*. 2022. № 109 – С.164-183.
11. Linger D. A., Baker G.H., Little R.G. Applications of Underground Structures for the Physical Protection of Critical Infrastructure / *North American Tunneling* 2002, Ozdemir (ed.). 2002.
12. Білик А.С. Сталь у реконструкції будівель – К.: УЦСБ, 2018 – 176 с.
13. Tjorhom power station – URL: <https://www.ae.no/en/our-business/hydroelectric-power/our-hydroelectric-power-stations/tjorhom-power-station/>
14. Постанова Кабінету Міністрів України від 21.12.2011 № 1337 «Про затвердження Порядку функціонування державної системи фізичного захисту». [Електронний ресурс]. – Законодавство України. – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1337-2011-%D0%BF/>
15. Кібербезпека в інформаційному суспільстві: Інформаційно-аналітичний дайджест / відп. ред. О.Довгань; упоряд. О.Довгань, Л.Литвинова, С.Дорогих; Державна наукова установа «Інститут інформації, безпеки і права НАПрН України»; Національна бібліотека України ім. В.І.Вернадського. – К., 2023.– №11. – 300 с.
16. Gaijinass (March 11, 2010). “CARVER Matrix: Tactical Target analysis”. *gaijinass*. Retrieved March 23, 2010. URL: <http://gaijinass.wordpress.com/2010/03/11/carver-matrixtactical-target-analysis>.
17. А. П. Гаврись, В. В. Філіппова, Н. Ю. Тур. Інформаційний аналіз систем захисту об'єктів критичної інфраструктури в період дії воєнного стану. *Вісник ЛДУБЖД*, №30, 2024, с. 173-187.
18. Порядок проведення моніторингу рівня безпеки об'єктів критичної інфраструктури. Постанова Кабінету Міністрів України від 22 липня 2022 р. № 821.
19. Методика оцінки стану захищеності об'єктів критичної інфраструктури, затверджена наказом Адміністрації Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України від 14 січня 2025 року № 17.

## ІННОВАЦІЙНА КОНЦЕПЦІЯ ПІДГОТОВКИ КАДРІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ТА СТІЙКОСТІ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

### Василь КАРАБИН

доктор технічних наук, професор, професор кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
vasyl.karabyn@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8337-5355

### Роман ЯКОВЧУК

доктор технічних наук, доцент, начальник навчально-наукового інституту цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
r.yakovchuk@ldubgd.edu.ua, ORCID: 0000-0001-5523-5569

### Андрій ТАРНАВСЬКИЙ

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
andry090880@ukr, ORCID: 0000-0002-4625-2022

**Мета дослідження:** обґрунтувати потреби у впровадженні цілісної, багаторівневої моделі підготовки фахівців у сфері цивільного захисту з акцентом на захист критичної інфраструктури. Ключовим завданням такої системи є не лише формування теоретичних знань, а й розвиток практичних компетентностей для роботи в реальному полі ризику.

**Методи дослідження:** у роботі використано комплексний міждисциплінарний підхід, що включає аналіз наукової літератури, порівняльний аналіз міжнародних і національних освітніх практик, контент-аналіз нормативно-правових актів, а також експертні інтерв'ю з представниками ДСНС України, МВС, державних підприємств та освітніх закладів. Особливу увагу приділено аналізу компетентнісних моделей, модульних освітніх програм, симуляційних тренінгів і практико-орієнтованого навчання. Дослідження також спирається на аналіз кейсів із впровадження інноваційних освітніх технологій у країнах ЄС та НАТО.

**Результати:** розроблено концепцію багаторівневої системи підготовки фахівців для захисту КІ, яка охоплює бакалаврські, магістерські та програми підвищення кваліфікації. Визначено ключові компетентності, необхідні для сучасних фахівців: аналітичні, прогностичні, організаційні, комунікативні, а також вміння працювати з сучасними технологіями моніторингу, реагування та управління ризиками. Доведено, що впровадження такої системи підготовки сприятиме підвищенню рівня безпеки об'єктів КІ, зменшенню втрат у надзвичайних ситуаціях, формуванню кадрового резерву для ДСНС України, МВС, держпідприємств і підвищенню стійкості держави до гібридних загроз.

**Теоретична цінність дослідження:** полягає у розвитку концепції міждисциплінарної підготовки фахівців для сфери цивільного захисту та захисту КІ, а також у систематизації сучасних освітніх моделей і підходів, що застосовуються у провідних країнах світу. Дослідження пропонує нову парадигму формування компетентностей, яка враховує як національні, так і міжнародні стандарти, інтегруючи елементи ризик-менеджменту, кризового управління, кібербезпеки та інституційної взаємодії.

**Оригінальність:** розробка цілісної моделі багаторівневої підготовки фахівців, яка враховує сучасні виклики для КІ, а також у пропозиції механізмів інтеграції європейських освітніх стандартів у національну систему освіти. Вперше запропоновано структуру освітніх програм, яка поєднує теоретичну підготовку, практичні тренінги, симуляційні навчання та партнерство з роботодавцями для формування професійної спільноти у сфері захисту КІ.

**Практична цінність:** можливість використання запропонованої моделі для розробки та впровадження нових освітніх програм у закладах вищої освіти, підвищення кваліфікації персоналу ДСНС України, МВС, держпідприємств та приватного сектору. Результати

дослідження можуть бути використані для удосконалення нормативно-правової бази, розробки стандартів професійної підготовки, а також для підвищення рівня безпеки та стійкості критичної інфраструктури України в умовах сучасних загроз.

**Ключові слова:** цивільний захист; критична інфраструктура; підготовка кадрів; модульна освітня програма; міжвідомча взаємодія.

## INNOVATIVE CONCEPT OF PERSONNEL TRAINING TO ENSURE THE SAFETY AND RESILIENCE OF CRITICAL INFRASTRUCTURE

**Vasyl KARABYN**

Dr.Eng., Professor, Department of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety,  
vasyl.karabyn@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8337-5355

**Roman YAKOVCHUK**

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Educational and Scientific  
Institute of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety,  
r.yakovchuk@ldubgd.edu.ua, ORCID: 0000-0001-5523-5569

**Andrii TARNAVSKYI**

Ph.D., Associate Professor, Department of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety,  
andry090880@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4625-2022

**Purpose of the Study:** this monograph subsection aims to substantiate the need for implementing an integrated, multi-level model of specialist training in the field of civil protection, with a focus on safeguarding critical infrastructure. The key objective of this system is not only to impart theoretical knowledge but also to develop practical competencies required to operate effectively in real risk environments.

**Research Methods:** a comprehensive interdisciplinary approach was employed, including analysis of scientific literature; comparative review of international and national educational practices; content analysis of legal and regulatory documents; and expert interviews with representatives of the State Emergency Service (DSNS), Ministry of Internal Affairs (MIA), state-owned enterprises, and educational institutions. Special attention was given to competency frameworks, modular educational programs, simulation-based training, and practice-oriented learning. The study also draws on case analyses of innovative educational technology implementations in EU and NATO member states.

**Results:** a multi-level training system for critical infrastructure specialists was developed, encompassing bachelor's, master's, and continuing professional development programs. Key competencies required of modern practitioners were identified: analytical and forecasting abilities; organizational and communication skills; and proficiency with advanced monitoring, response, and risk-management technologies. It was demonstrated that implementing this training model will enhance the security of critical infrastructure facilities, reduce losses during emergencies, build a personnel reserve for DSNS, MIA, and state enterprises, and increase the nation's resilience to hybrid threats.

**Theoretical Value:** the study advances the concept of interdisciplinary training for civil protection and critical infrastructure defense specialists, and systematically organizes contemporary educational models and approaches used in leading countries. It offers a new paradigm for competency development that integrates national and international standards, blending elements of risk management, crisis governance, cybersecurity, and institutional cooperation.

**Originality:** the research introduces a holistic multi-level training model that addresses current critical infrastructure challenges and proposes mechanisms for integrating European educational standards into the national system. For the first time, an educational program structure is presented that combines theoretical instruction, practical drills, simulation-based learning, and employer partnerships to cultivate a professional community dedicated to critical infrastructure protection.

**Practical Value:** the proposed model can be applied to design and implement new curricula in higher-education institutions, as well as to upgrade the qualifications of personnel within DSNS, MIA, state enterprises, and the private sector. Study outcomes may inform improvements to the legal and regulatory framework, the development of professional training standards, and measures to enhance the safety and resilience of Ukraine's critical infrastructure in the face of contemporary threats.

**Keywords:** civil protection; critical infrastructure; personnel training; modular educational program; interagency cooperation.

### Вступ

Критична інфраструктура є основою функціонування сучасної держави, забезпечуючи сталість соціальних, економічних і політичних процесів. До об'єктів критичної інфраструктури належать енергетичні системи, транспорт, зв'язок, водопостачання, охорона здоров'я, фінансові установи, а також інформаційно-комунікаційні технології. В умовах глобальної нестабільності та зростання кількості загроз, питання захисту критичної інфраструктури набуває особливої актуальності. Сучасні виклики, такі як війна, кіберзагрози та техногенні катастрофи, вимагають комплексного підходу до підготовки фахівців, здатних ефективно реагувати на ці ризики та забезпечувати безперервність функціонування життєво важливих систем.

Збройні конфлікти, особливо в умовах сучасної гібридної війни, суттєво впливають на безпеку критичної інфраструктури. Військові дії супроводжуються цілеспрямованими атаками на енергетичні, транспортні, водопостачальні та інші об'єкти, від яких залежить життєдіяльність населення та економіки. Досвід останніх років, зокрема війна в Україні, показав, що противник активно використовує удари по енергетичних системах, мостах, залізничних вузлах, об'єктах зв'язку для дестабілізації ситуації в тилу, створення паніки та зниження обороноздатності держави. Руйнування таких об'єктів призводить до масштабних соціальних, економічних і гуманітарних наслідків, а також може створювати "каскадний ефект", коли пошкодження одного сектору тягне за собою збої в інших сферах життєдіяльності [1].

На особливу увагу заслуговує питання захисту об'єктів паливно-енергетичного комплексу [2-5], які часто стають першочерговою ціллю під час воєнних дій. Знищення або пошкодження електростанцій, підстанцій, ліній електропередачі може спричинити відключення цілих регіонів від електропостачання, що унеможливує нормальне функціонування лікарень, водоканалів, транспорту, підприємств та інших важливих об'єктів. Водночас, атаки на транспортну інфраструктуру ускладнюють евакуацію населення, постачання гуманітарної допомоги та переміщення військ [1].

З розвитком цифрових технологій та зростанням рівня автоматизації управління об'єктами критичної інфраструктури, зростає і ризик кібератак. Кіберзагрози стали невід'ємною частиною сучасних гібридних конфліктів, оскільки атаки на інформаційні системи можуть бути не менш руйнівними, ніж фізичне знищення об'єктів. Критична інфраструктура часто є основною мішенню для кібератак, спрямованих на виведення з ладу енергетичних систем, транспортних вузлів, водопостачання, фінансових установ та інших життєво важливих сфер [6]. Зловмисники використовують складні методи проникнення в інформаційні системи, зокрема фішинг, соціальну інженерію, шкідливе програмне забезпечення, а також атаки типу "відмова в обслуговуванні" (DDoS). Наслідком таких атак може стати зупинка енергопостачання, порушення роботи транспорту, банківських систем, а також витік або знищення важливої інформації. Особливо небезпечними є атаки на системи автоматизованого управління (SCADA), які використовуються для моніторингу та контролю технологічних процесів на об'єктах енергетики, водопостачання, транспорту [6]. В останні роки фіксується зростання кількості цілеспрямованих кібератак на критичну інфраструктуру різних країн. Наприклад, у 2022 році в Україні було зафіксовано низку потужних кібератак на енергетичний сектор, що супроводжувалися фізичними ударами по об'єктах інфраструктури. Це свідчить про інтеграцію кібер- та фізичних атак у межах гібридної війни. Для ефективного протистояння таким загрозам необхідно не лише впроваджувати сучасні засоби кіберзахисту,

а й готувати фахівців, здатних оперативно реагувати на інциденти, аналізувати ризики та забезпечувати стійкість інформаційних систем [6].

Окрім воєнних і кіберзагроз, критична інфраструктура залишається вразливою до техногенних катастроф, які можуть бути спричинені як навмисними діями, так і випадковими або природними чинниками. Зростання технологічної складності об'єктів підвищує ризик виникнення аварій, які можуть мати катастрофічні наслідки для населення, довкілля та економіки держави. Особливо небезпечними є аварії на об'єктах енергетики, хімічної промисловості, транспортних системах [7], водопостачання [8, 9] де навіть незначна несправність може призвести до масштабних руйнувань, забруднення навколишнього середовища та загибелі людей [1].

Прикладами таких катастроф є вибухи на хімічних заводах, аварії на атомних електростанціях, транспортні катастрофи, які часто супроводжуються значними людськими жертвами та економічними втратами. В умовах війни ризик техногенних катастроф зростає внаслідок цілеспрямованих атак на промислові об'єкти, а також через зниження рівня технічного обслуговування, дефіцит кадрів і ресурсів для підтримки безпеки. У таких умовах особливо важливою є підготовка фахівців, які володіють знаннями з управління ризиками, аварійного реагування, ліквідації наслідків катастроф та відновлення функціонування об'єктів критичної інфраструктури [1].

У сучасних умовах критична інфраструктура стає дедалі більшою мішенню для різноманітних загроз – від фізичних атак до складних кібератак і техногенних катастроф. З огляду на це, зростає потреба у фахівцях, які володіють міждисциплінарними знаннями та практичними навичками для забезпечення її стійкості та безпеки. Зокрема, для секторів енергетики, транспорту, зв'язку, охорони здоров'я та водопостачання необхідні спеціалісти, здатні не лише реагувати на надзвичайні ситуації, а й здійснювати превентивний аналіз ризиків, розробляти стратегії захисту та впроваджувати сучасні технології для підвищення рівня безпеки об'єктів [10].

В умовах постійного зростання складності загроз особливої ваги набуває міждисциплінарна підготовка фахівців, які здатні працювати на стику різних галузей знань, аналізувати ситуацію у реальному часі, приймати ефективні рішення та координувати дії різних служб у надзвичайних ситуаціях. Саме тому сучасна система підготовки фахівців із захисту критичної інфраструктури повинна враховувати новітні виклики та забезпечувати формування відповідних компетентностей [6].

У таких умовах особливої ваги набуває підготовка фахівців, які здатні швидко оцінювати загрози, здійснювати моніторинг стану об'єктів та організовувати ефективне реагування на надзвичайні ситуації [1].

Зростання попиту на таких фахівців підтверджується й глобальними тенденціями у сфері професійної освіти. Досвід впровадження навчково-орієнтованих освітніх програм у різних країнах демонструє, що інтеграція практичного навчання, стажувань та співпраці з роботодавцями дозволяє формувати конкурентоспроможних спеціалістів, які готові до роботи у складних і динамічних умовах. Системи освіти, які акцентують на розвитку практичних навичок і адаптації до швидких змін у технологіях, дають змогу краще відповідати потребам сучасного ринку праці, зокрема у сфері захисту критичної інфраструктури [11].

Особливої уваги потребує підготовка кадрів для роботи з новітніми технологіями, такими як системи автоматизованого управління, штучний інтелект, засоби моніторингу та реагування на інциденти. Від фахівців очікується не лише глибоке розуміння технічних аспектів, а й здатність до швидкого прийняття рішень у кризових ситуаціях, вміння працювати в міждисциплінарних командах і комунікувати з різними стейкхолдерами. Для цього важливо впроваджувати спеціалізовані тренінги, симуляційні навчання та використання кіберполігонів, які дозволяють відпрацьовувати дії у реалістичних сценаріях [10].

Водночас, дедалі більшої ваги набуває питання безперервного професійного розвитку та підвищення кваліфікації діючих фахівців. Зміни у законодавстві, поява нових технологій і методів атак вимагають регулярного оновлення знань і навичок. Ефективними інструментами для цього є короткострокові курси, онлайн-навчання, сертифікаційні програми, а також участь

у міжнародних освітніх проєктах. Такий підхід дозволяє забезпечити гнучкість і мобільність професійної підготовки, швидко реагувати на нові виклики і підтримувати високий рівень компетентності персоналу.

Значну роль у підготовці фахівців відіграють партнерства між закладами освіти, державними структурами та приватним сектором. Саме завдяки тісній співпраці з роботодавцями можливо адаптувати навчальні програми до реальних потреб ринку праці, впроваджувати сучасні технології у навчальний процес і забезпечувати студентам можливість проходження практики на об'єктах критичної інфраструктури. Такі партнерства сприяють не лише підвищенню якості підготовки, а й формуванню професійних спільнот, які об'єднують фахівців різних галузей для спільного вирішення актуальних проблем безпеки [11].

Окремим викликом залишається забезпечення різноманітності та інклюзивності у підготовці фахівців. Сучасні дослідження наголошують на необхідності врахування різних професійних і освітніх траєкторій, розробки програм для людей із різним рівнем базової підготовки, а також підтримки безперервного навчання протягом усього життя. Це дозволяє залучати до сфери захисту критичної інфраструктури фахівців із суміжних галузей, розширювати кадровий резерв і забезпечувати стійкість системи у довгостроковій перспективі.

Зростання потреби у фахівцях для захисту критичної інфраструктури також пов'язане з глобальними тенденціями щодо підвищення вимог до безпеки та стійкості державних і приватних систем. Сучасні стандарти управління ризиками, кібербезпеки, реагування на надзвичайні ситуації вимагають від персоналу не лише технічних знань, а й навичок стратегічного планування, аналітики, комунікації та лідерства. Тому освітні програми мають бути спрямовані на формування комплексних компетентностей, які дозволяють ефективно діяти у складних і невизначених умовах [10].

Підсумовуючи, можна зазначити, що зростання потреби у фахівцях із захисту критичної інфраструктури є об'єктивною відповіддю на сучасні виклики, пов'язані зі зростанням складності загроз, динамікою технологічного розвитку та підвищенням вимог до безпеки суспільства. Ефективна підготовка таких фахівців є ключовою умовою забезпечення стійкості та безпеки держави, а також розвитку конкурентоспроможної економіки у глобалізованому світі [10].

**Метою** цього підрозділу монографії є обґрунтування потреби у впровадженні цілісної, багаторівневої моделі підготовки фахівців у сфері цивільного захисту з акцентом на захист критичної інфраструктури (КІ). У сучасних умовах зростання складності ризиків – від воєнних загроз до гібридних і кібернетичних атак – виникає нагальна потреба у створенні системи підготовки, яка буде здатна оперативно реагувати на виклики сьогодення. Ключовим завданням такої системи є не лише формування теоретичних знань, а й розвиток практичних компетентностей для роботи в реальному полі ризику.

У межах цього підрозділу **об'єктом дослідження** виступає система професійної підготовки фахівців у галузі цивільного захисту з особливим акцентом на підготовку до виконання завдань, пов'язаних із забезпеченням сталого функціонування об'єктів критичної інфраструктури. Це система включає як базову вищу освіту, так і форми післядипломного навчання та підвищення кваліфікації, спрямовані на адаптацію кадрів до нових викликів безпеки.

**Предметом дослідження** є освітні підходи, принципи та інструменти формування ключових компетентностей у майбутніх та діючих фахівців у сфері цивільного захисту. Зокрема, аналізується, яким чином зміст навчальних програм, методи викладання, практичне навчання та інтеграція міждисциплінарних знань сприяють формуванню професійної готовності до роботи в умовах надзвичайних ситуацій, ризиків техногенного, природного, соціального та воєнного характеру.

Сучасний стан безпеки вимагає від освітніх програм не лише забезпечення базових знань (наприклад, у сфері нормативно-правового регулювання або організації евакуаційних заходів), а й розвитку системного мислення, здатності до моделювання сценаріїв загроз, управління стійкістю об'єктів інфраструктури, комунікації в умовах кризи, використання цифрових та геоінформаційних технологій. Тому ключовими компетентностями, що вивчаються у межах дослідження, є:

- аналітичні та прогностичні навички;
- знання сучасних систем моніторингу та реагування;
- розуміння концепцій ризик-менеджменту та управління безперервністю діяльності;
- готовність до взаємодії з суб'єктами безпекового сектору (ДСНС України, поліція, технічні служби, кіберзахист).

Також у межах предмету дослідження розглядаються міжнародні підходи до підготовки фахівців (наприклад, стандарти ЄС з цивільного захисту, ініціативи НАТО щодо захисту КІ), щоб порівняти їх з українською освітньою практикою та запропонувати інтеграційні механізми.

Таким чином, дослідження зосереджене на тому, як і за допомогою яких педагогічних моделей, технологій та інституційних механізмів можна забезпечити ефективну, адаптивну та актуальну підготовку кадрів, здатних реагувати на складні та багатоаспектні загрози критичній інфраструктурі у ХХІ столітті.

Зважаючи на окреслені об'єкт і предмет дослідження, особливу увагу варто приділити порівняльному аналізу існуючих освітніх практик у сфері цивільного захисту, що застосовуються в Україні та країнах Європейського Союзу. Такий аналіз дозволяє виявити як структурні відмінності, так і потенційні точки інтеграції, які можуть підвищити ефективність національної моделі підготовки фахівців.

Враховуючи актуальність і багатовимірність викликів, постає питання: як забезпечити підготовку фахівців, здатних діяти ефективно в умовах високої невизначеності та взаємопов'язаних загроз? Відповідь на це запитання вимагає аналізу як національних, так і міжнародних освітніх практик, особливо тих, що успішно застосовуються в ЄС та НАТО у сфері захисту критичної інфраструктури.

Це дає підстави для формулювання наукової гіпотези, яка далі лягає в основу аналітичного розділу цієї роботи.

**Наукова гіпотеза:** інтеграція європейських освітніх підходів – зокрема, компетентнісної моделі, міждисциплінарного змісту навчання та модульної післядипломної підготовки – у національну систему освіти в галузі цивільного захисту дозволить суттєво підвищити ефективність підготовки фахівців для захисту критичної інфраструктури в Україні в умовах сучасних гібридних загроз.

## Результати

### 1. Теоретичні засади захисту критичної інфраструктури

**1.1. Поняття критичної інфраструктури та її вразливості.** Термін “критична інфраструктура” (КІ) у міжнародній практиці охоплює системи, об'єкти, мережі та послуги, що є життєво необхідними для забезпечення національної безпеки, економічної стабільності, здоров'я населення та суспільного добробуту. Наприклад, у Директиві Ради Європейського Союзу 2008/114/ЄС “Про визначення та призначення європейської критичної інфраструктури та оцінку необхідності підвищення її захисту” зазначено, що критична інфраструктура – це об'єкти, системи чи їх частини, які є життєво важливими для підтримки основних функцій суспільства, здоров'я, безпеки, економічного чи соціального добробуту людей, і руйнування чи порушення функціонування яких може мати серйозні наслідки для держав-членів ЄС. У США під КІ розуміють системи та об'єкти, які є настільки важливими, що їх вихід з ладу або руйнування матиме руйнівний вплив на безпеку, національну економіку, громадське здоров'я чи безпеку [12].

В Україні поняття критичної інфраструктури закріплене у Законі України від 05.10.2021 № 2223-ІХ “Про критичну інфраструктуру”, який визначає КІ як сукупність об'єктів, систем, мереж, послуг, що мають стратегічне значення для забезпечення безпеки, оборони, економічної стабільності, здоров'я населення та функціонування держави. Закон встановлює правові, організаційні та технічні засади захисту критичної інфраструктури, а також визначає відповідальність за її порушення [13].

КІ охоплює низку ключових секторів, безперервне функціонування яких є основою для стабільності держави. До них належать: енергетика, транспорт, зв'язок, телекомунікації,

водопостачання, охорона здоров'я, фінансові послуги, державне управління та оборона. З розвитком цифрових технологій до КІ дедалі частіше відносять інформаційно-комунікаційні системи, зокрема центри обробки даних, мережі Інтернету речей (IoT), автоматизовані системи управління технологічними процесами (SCADA).

Енергетика є фундаментом для функціонування інших секторів, оскільки забезпечує електропостачання, теплопостачання та паливо. Транспортна інфраструктура забезпечує логістику, мобільність населення та вантажів, що є критично важливим для економіки та безпеки. Сектор зв'язку та телекомунікацій забезпечує передачу інформації, координацію дій у надзвичайних ситуаціях, а також підтримку інших інфраструктурних систем. Водопостачання необхідне для життєдіяльності населення, роботи промисловості та сільського господарства. Охорона здоров'я забезпечує медичне обслуговування та реагування на надзвичайні ситуації, такі як пандемії чи масові травми [14]. Взаємозалежність між секторами створює ризик каскадних ефектів – наприклад, відключення електроенергії може паралізувати водопостачання, медичні послуги, транспорт тощо.

**1.2. Системна відповідь і освітні засади забезпечення захисту КІ.** Захист критичної інфраструктури в умовах сучасних безпекових викликів розглядається як *багатовимірна система заходів*, що охоплює організаційні, технічні, правові, інформаційні та кадрові аспекти. Теоретичним підґрунтям для розбудови такої системи є концепції сталості, ризик-менеджменту та управління у кризових ситуаціях.

Ключовим положенням сучасних теорій управління критичною інфраструктурою є визнання її міжгалузевої взаємозалежності, коли пошкодження одного елемента може спричинити ланцюгову реакцію в інших секторах, що забезпечують життєдіяльність населення, економічну стабільність та національну безпеку. Відтак, у сучасних дослідженнях акцентують увагу на необхідності системного підходу до захисту КІ, який включає комплексну оцінку вразливостей, ідентифікацію критичних функцій та планування заходів із забезпечення стійкості в умовах багаторівневих загроз [15].

Український науково-освітній простір активно інтегрує ці підходи. Вітчизняні дослідники зазначають, що ключовим чинником ефективного захисту об'єктів КІ є кваліфікований персонал, здатний діяти в умовах надзвичайних ситуацій, реалізовувати превентивні заходи та координувати взаємодію між суб'єктами захисту [16]. Це узгоджується з міжнародними підходами, згідно з якими підготовка персоналу є однією з трьох основ стратегії зміцнення стійкості поряд із технологічними рішеннями та належним управлінням.

Особливого значення в теоретичному обґрунтуванні набуває розуміння феномену "*стійкості*" (resilience), яка визначається як здатність системи протистояти зовнішнім загрозам, адаптуватися до них та швидко відновлюватися. Цей підхід став домінантним у документах НАТО та ЄС, де підкреслюється необхідність переходу від реактивної до проактивної моделі захисту, орієнтованої на запобігання порушенням функціонування КІ.

У контексті українських реалій, пов'язаних із повномасштабною війною та гібридними загрозами, розвиток національної системи захисту КІ має спиратися не лише на правову базу, а й на чітко окреслені освітньо-кваліфікаційні вимоги до фахівців. Саме тому освітні програми на рівні бакалаврату, магістратури та підвищення кваліфікації, такі як реалізована у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності, є не лише педагогічною інновацією, а й елементом національної стратегії зміцнення обороноздатності держави.

У підсумку теоретичні основи дослідження захисту критичної інфраструктури базуються на концепціях стійкості, міждисциплінарної взаємодії та інституційної готовності, які мають бути реалізовані через системну освітню політику, технологічну модернізацію та стратегічне управління.

З огляду на складність і динаміку сучасних загроз, захист КІ вимагає впровадження багаторівневих систем безпеки, регулярного моніторингу, оцінки ризиків, підвищення кваліфікації персоналу та розвитку міжнародної співпраці. Особливої ваги набуває впровадження кращих практик, міжнародних стандартів (NIST, ISO, IEC) і використання

сучасних технологій для забезпечення стійкості та безперервності функціонування критичних систем [17].

У підсумку, теоретичні засади захисту КІ поєднують концепції системності, проактивності, освітньої трансформації та інституційної інтеграції. Це – основа для формування стійкої, адаптивної і ефективної системи захисту життєво важливої інфраструктури в умовах гібридних загроз ХХІ століття.

Модель, яка обґрунтовується у підрозділі, передбачає три основні рівні освітнього впливу: підготовка бакалаврів, магістрів, а також систему підвищення кваліфікації для фахівців з інших технічних спеціальностей. Такий підхід дозволяє забезпечити безперервність навчального процесу, враховуючи як формальну вищу освіту, так і потребу у швидкому перенавчанні та перепідготовці кадрів у зв'язку зі зміною технологій, стандартів безпеки або структури ризиків.

На бакалаврському рівні акцент робиться на закладенні фундаментальних знань у сфері інженерного захисту, нормативного регулювання, основ кризового управління та реагування на надзвичайні ситуації. Цей етап є критично важливим для формування базової компетентності, яка дозволяє молодим фахівцям включатися у процеси аналізу ризиків, підтримки стабільного функціонування об'єктів КІ та участі у системі національної безпеки.

Магістерський рівень орієнтований на розвиток аналітичного мислення, здатності до стратегічного планування, моделювання сценаріїв загроз і управління системами захисту в умовах нестабільності. У фокусі підготовки – інтердисциплінарний підхід: поєднання знань у галузях управління, кіберзахисту, інженерії. Це забезпечує високу адаптивність випускників до змінних викликів і робить їх здатними працювати на стику кількох критичних сфер.

Особливу увагу в статті приділено системі підвищення кваліфікації для фахівців, які вже працюють у суміжних технічних галузях, але не мають спеціалізованих знань у сфері цивільного захисту та КІ. Завдяки модульним програмам, короткостроковим курсам, дистанційним платформам та практико-орієнтованому навчанню можливе швидке перенавчання кадрів із високим потенціалом. Таким чином, створюється механізм гнучкого кадрового резерву, здатного закрити “вузькі місця” на стратегічно важливих об'єктах у кризові моменти.

У сукупності запропонована багаторівнева модель є відповіддю на вимогу часу – сформувати висококваліфікованих, стійких, аналітично мислячих та міждисциплінарно підготовлених фахівців, здатних захищати критичну інфраструктуру країни в умовах гібридних викликів ХХІ століття (рис. 1).

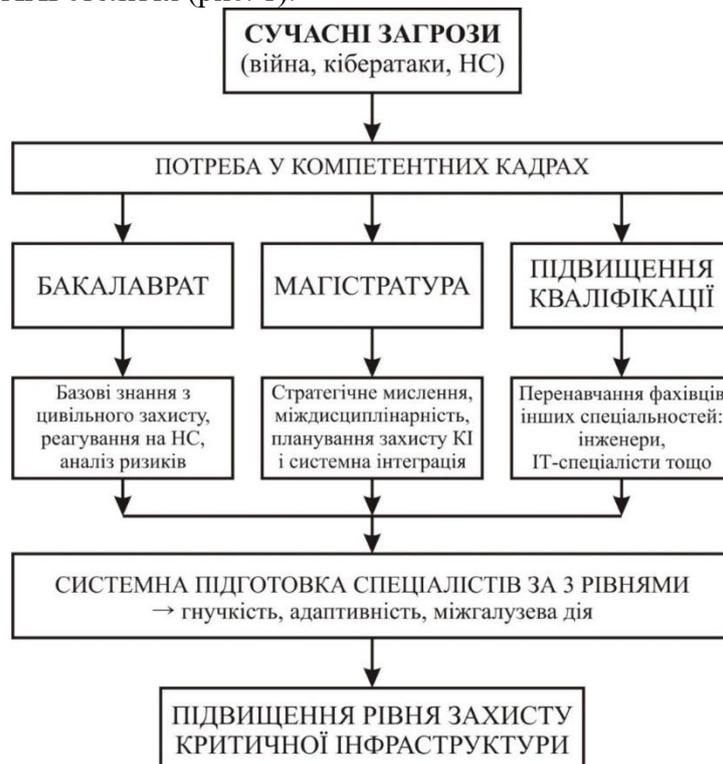


Рисунок 1 – Багаторівнева модель підготовки фахівців із захисту критичної інфраструктури

## 2. Підготовка фахівців на рівні бакалавра у сфері захисту критичної інфраструктури

Підготовка бакалаврів за освітньою програмою “Захист критичної інфраструктури” у межах спеціальності 263 “Цивільна безпека” орієнтована на формування висококваліфікованих фахівців, здатних здійснювати оцінку вразливостей, підтримку інженерного захисту, реагування на надзвичайні ситуації та забезпечення стійкості критично важливих об’єктів. Ця програма спрямована на комплексне поєднання фундаментальної теоретичної підготовки з практико-орієнтованим навчанням у сфері цивільного захисту, що є ключовим для ефективної діяльності у цій галузі.

Основна мета освітньої програми – забезпечити здобувачів знаннями, уміннями та навичками для виявлення та аналізу ризиків для об’єктів КІ; прогнозування надзвичайних ситуацій; розробки та впровадження заходів з інженерного захисту; організації реагування і ліквідації наслідків НС. Таким чином, програма формує у здобувачів комплексне розуміння процесів управління ризиками та практичні навички їх мінімізації.

Програма відповідає стандартам EQF (6 рівень) та FQ-EHEA (перший цикл) і є частиною національної системи реалізації концепції стійкості. Відповідність цим стандартам гарантує якість освіти та її інтеграцію у європейський освітній простір.

Освітня програма підготовки бакалаврів за спеціальністю “Захист критичної інфраструктури” передбачає загальний обсяг 240 кредитів ECTS та триває 3 роки і 10 місяців. Структура програми охоплює чотири основні компоненти: загальну, професійну, вибірково підготовку та атестаційний блок. Кожен із цих компонентів спрямований на формування комплексних знань і навичок, необхідних для професійної діяльності.

Загальна підготовка обсягом 57,5 кредитів включає фундаментальні дисципліни, зокрема математику, фізику, хімію та інформатику, а також гуманітарні предмети, як-от українська мова, філософія та психологія, і природничий компонент, який містить основи теорії горіння та вибуху. Професійна підготовка, що становить 116,5 кредитів, зосереджена на вивченні фахових дисциплін – моніторингу, рятувальної справи, категоризації об’єктів критичної інфраструктури, техногенної безпеки – та спеціалізованих курсів, серед яких застосування безпілотних літальних апаратів, вивчення SCADA-систем і автоматизованих систем управління. У рамках цієї частини передбачено проходження трьох видів практик: навчальної, фахової та переддипломної. Атестаційний блок включає виконання курсової роботи, складання комплексного кваліфікаційного іспиту та захист кваліфікаційної роботи. Вибірковий компонент програми, що охоплює 60 кредитів, орієнтований на формування індивідуальної освітньої траєкторії кожного здобувача, забезпечуючи гнучкість навчального процесу та можливість його персоналізації відповідно до професійних інтересів і запитів ринку праці.

Освітня програма передбачає набуття загальних та фахових компетентностей. Особливо важливо підкреслити ті фахові компетентності, які безпосередньо пов’язані з профілем програми та орієнтовані на реальні професійні завдання в умовах загроз техногенного, природного та соціального походження. Центральною спеціальною компетентністю є здатність до усвідомлення функцій держави у сфері цивільного захисту, правових засад його реалізації, а також знання принципів організації захисту на об’єктах критичної інфраструктури. Важливою складовою є здатність визначати рівень захисту таких об’єктів у межах посадових обов’язків, а також планувати комплекс заходів, спрямованих на забезпечення безпеки інфраструктури. До критичних умінь належить також ідентифікація загроз, що можуть спричинити надзвичайні ситуації, та оцінювання ймовірних ризиків їх виникнення.

Фахівець повинен бути здатним не лише здійснювати прогнозування загроз, а й брати участь у виконанні аварійно-рятувальних робіт та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій на об’єктах критичної інфраструктури. Особлива увага у компетентнісному переліку приділяється здатності забезпечення енергетичної безпеки держави в умовах збройного конфлікту, зокрема під час широкомасштабної агресії. Така компетентність вимагає не тільки технічних знань, а й розуміння стратегічного значення енергетичних об’єктів.

Таким чином, фахові компетентності формують фундамент професійної готовності бакалавра до роботи в умовах високої відповідальності, складної міжгалузевої взаємодії та необхідності оперативного прийняття рішень у кризових ситуаціях. Це забезпечує не лише здатність до реагування на надзвичайні події, а й до системного управління ризиками у контексті захисту критичних об'єктів інфраструктури держави.

Випускники бакалаврської програми з підготовки фахівців у сфері захисту критичної інфраструктури мають широкий спектр можливостей для працевлаштування у державному, муніципальному та приватному секторах, зокрема в органах влади, службах цивільного захисту, інфраструктурних підприємствах та аналітичних центрах. Зокрема, вони можуть працювати експертами та аналітиками із захисту критичної інфраструктури – це фахівці, які здійснюють комплексний аналіз загроз, розробляють профілі вразливості об'єктів КІ, проводять аудит безпеки та формують рекомендації щодо посилення стійкості інфраструктурних систем. Актуальність цієї спеціалізації особливо висока в умовах гібридної війни та кібератак, коли стратегічні об'єкти перебувають під постійним тиском фізичних і цифрових загроз. Інша ключова група – фахівці з оцінки загроз та ризиків, які спеціалізуються на моделюванні сценаріїв надзвичайних ситуацій, здійсненні превентивного аналізу потенційних небезпек, розробці карт ризиків та впровадженні систем раннього попередження. Вони затребувані у державних антикризових структурах, у великих корпораціях та на підприємствах енергетичного, транспортного і телекомунікаційного секторів. Інженери критичної інфраструктури з техногенно-екологічної безпеки забезпечують проектування, обстеження та експлуатацію об'єктів з урахуванням норм безпеки, екологічних стандартів та ризик-орієнтованого підходу; ця позиція є актуальною в умовах екологічних катастроф, зношеної інфраструктури та необхідності модернізації систем життєзабезпечення. До сфери безпосереднього реагування належать фахівці цивільного захисту та державні інспектори з нагляду – вони працюють у Державній службі з надзвичайних ситуацій, виконуючи завдання з моніторингу, контролю, ліцензування об'єктів підвищеної небезпеки, а також беруть участь у плануванні евакуацій, навчаннях та ліквідації наслідків надзвичайних подій. Найбільш прикладний напрям – керівники рятувальних підрозділів оперативного реагування, які координують дії під час надзвичайних ситуацій, організують взаємодію між службами, забезпечують оперативне управління рятувальними операціями на місцях аварій, атак чи катастроф. Ця група посад потребує не лише технічної компетентності, а й лідерських якостей, уміння швидко приймати рішення в умовах стресу та невизначеності. Загалом, кожна із зазначених спеціальностей відображає сучасні запити безпекового сектору, пов'язані зі зростанням складності загроз, технологічною інтеграцією КІ та потребою у висококваліфікованих кадрах, здатних діяти у багатовимірному ризиковому середовищі.

Таким чином, освітня програма бакалаврського рівня з підготовки фахівців у сфері захисту критичної інфраструктури забезпечує формування міждисциплінарних, практично орієнтованих і стійких до криз знань та навичок. Її реалізація сприяє розбудові кадрового потенціалу системи цивільного захисту, формує професіоналів, готових діяти в умовах гібридних загроз та багаторівневих ризиків.

### **3. Підготовка фахівців на магістерському рівні у сфері захисту критичної інфраструктури**

Магістерська програма “Безпека та захист критичної інфраструктури” реалізується у межах спеціальності 263 “Цивільна безпека” й орієнтована на формування у здобувачів глибоких знань і навичок для практичної, управлінської та дослідницької діяльності в умовах підвищеної загрозовості об'єктам критичної інфраструктури. Її мета полягає у підготовці фахівців, здатних вирішувати задачі дослідницького та інноваційного характеру, застосовувати сучасні методи управління ризиками та забезпечувати стійкість КІ як у мирний час, так і в умовах надзвичайних ситуацій. Особливістю програми є активне залучення експертів-практиків, представників органів державної влади, ДСНС України та управлінських структур, що забезпечує високу практичну орієнтацію підготовки та сприяє працевлаштуванню випускників у профільних установах.

Навчання триває 1 рік 6 місяців, має обсяг 90 ECTS і охоплює загальну, фахову, практичну та вибірково підготовку. До обов'язкових освітніх компонентів належать вивчення

професійної іноземної мови, системного аналізу, методології досліджень, політики та структури КІ, комп'ютерного моделювання небезпечних процесів, моніторингу, управління ризиками, функціонування енергетичної та транспортної інфраструктури. Також передбачено навчальні практики та атестацію у вигляді комплексного кваліфікаційного екзамену. Вибірковий блок дозволяє адаптувати навчальний трек під індивідуальні потреби здобувача, зосередившись на специфічних технологічних або правових аспектах КІ.

Програма спрямована на розвиток цілісного комплексу компетентностей. Серед загальних – здатність до критичного мислення, комунікації іноземною мовою, ухвалення рішень в умовах невизначеності, інноваційність та соціальна відповідальність. Фахові компетентності включають управління ризиками і безпекою, техніко-економічне обґрунтування рішень, моніторинг об'єктів КІ, впровадження ІТ-технологій у безпекову діяльність, розуміння міжнародного контексту та здатність до міжгалузевої координації. Окремо виділяються спеціальні компетентності програми: оцінка вразливостей об'єктів КІ, моделювання загроз та планування заходів безпеки – навички, критично важливі для керівників підрозділів, експертів з оцінки ризиків, інженерів з техногенної безпеки та аналітиків кризових ситуацій.

Таким чином, освітня програма є відповіддю на потребу в підготовці нової генерації фахівців, здатних інтегрувати технічні, організаційні та наукові рішення для захисту критичної інфраструктури в умовах гібридних загроз. Вона не лише формує високий рівень професійної підготовки, а й забезпечує основу для подальшого навчання на третьому рівні освіти або в програмах професійного розвитку.

Випускники магістерської освітньої програми “Безпека та захист критичної інфраструктури” зі спеціальності “Цивільна безпека” суттєво відрізняються від фахівців бакалаврського рівня як за рівнем підготовки, так і за спектром професійних можливостей. Основна відмінність полягає у глибшій аналітичній, стратегічній та управлінській компетентності, що дозволяє їм обіймати не лише технічні, а й керівні або експертно-аналітичні посади у сфері захисту критичної інфраструктури.

Магістри здатні виконувати комплексні завдання з оцінки ризиків, розроблення політик безпеки, моделювання загроз і кризових сценаріїв, а також організовувати системи управління безперервністю функціонування КІ. Вони можуть обіймати посади керівників відділів із безпеки в державних структурах (ДСНС України, Міноборони, СБУ, Мінінфраструктури), аналітиків у кризових центрах та службах стратегічного планування, фахівців у міжнародних проєктах із безпеки, а також експертів у приватних компаніях, що обслуговують енергетичну, транспортну або інформаційну інфраструктуру. Їх також залучають до роботи у дослідницьких інститутах, аналітичних центрах та ІТ-компаніях, які спеціалізуються на інструментах моніторингу, SCADA-системах або кіберзахисті.

На відміну від бакалаврів, які зазвичай займають початкові технічні або виконавчі посади – інженерів, операторів, інспекторів, спеціалістів із моніторингу – магістри здатні здійснювати міжвідомчу координацію, очолювати безпекові підрозділи або виступати радниками з безпеки в урядових або корпоративних структурах. Їх підготовка включає стратегічне мислення, роботу з нормативно-правовими рамками ЄС і НАТО, антикризове управління та комунікацію зі стейкхолдерами різного рівня. Це робить їх надзвичайно актуальними в умовах зростання загроз для КІ, необхідності адаптації до євроатлантичних стандартів безпеки та розвитку системи цивільного захисту на новому рівні інтеграції.

Отже, працевлаштування магістрів можливе як у державному, так і в комерційному та міжнародному секторах, де необхідна аналітична експертиза, системне бачення та лідерські якості у сфері захисту КІ. Їх компетентності дозволяють діяти не лише в межах оперативного реагування, а й у сфері політик безпеки, стратегічного розвитку та міжнародної координації безпекових заходів.

#### **4. Підвищення кваліфікації фахівців**

Основною метою підвищення кваліфікації осіб, які залучаються до здійснення заходів захисту об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ), є забезпечення особистісного та професійно-діяльнісного самовдосконалення на основі активізації їхньої базової освіти, набутого

професійного та життєвого досвіду відповідно до індивідуально-особистих інтересів, соціальних запитів держави щодо ефективного виконання посадово-функціональних обов'язків.

Підходи щодо захисту критичної інфраструктури мають спільні і відмінні риси в Україні і країнах Європейського союзу (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняння міжнародних та українських підходів до захисту захисту критичної інфраструктури (укладено за матеріалами [13, 15, 16, 18-23])

| Критерій               | Українські стандарти  | Міжнародні стандарти  |
|------------------------|---|---|
| Правова база           | Закон України від 16.11.2021 № 1882-IX “Про критичну інфраструктуру”  | Директива ЄС 2022/2557, ISO 27001/22301, стандарти НАТО   |
| Стійкість (resilience) | Інтеграція концепції через міждисциплінарний підхід   | Проактивне управління ризиками, адаптація до гібридних загроз (ISO 22301, НАТО)                           |
| Кібербезпека           | Регулюється окремими законами (наприклад, “Про кібербезпеку”)   | ISO 27001 для інформаційної безпеки, Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity (NIST) |
| Механізми реалізації   | Паспорти безпеки, проекти загроз, категоризація об'єктів  | Системи менеджменту безпеки (ISO), планування безперервності бізнесу (ISO 22301)                          |
| Взаємодія секторів     | Державно-приватне партнерство, міжвідомча координація   | Координація через NATO-EU Task Force, транснаціональні протоколи  |
| Освіта та підготовка   | Освітньо-професійні програми за першим (бакалаврським), другим (магістерським) рівнями вищої освіти. Освітні програми підвищення кваліфікації | Сертифікаційні програми ISO, навчання в рамках NATO Centres of Excellence                                 |

Водночас в ЄС і в Україні є розуміння важливості якісної підготовки кадрів у напрямі стійкості та захисту ОКІ.

Для підвищення рівня кваліфікації персоналу ОКІ у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності розроблена Освітня програма підвищення кваліфікації “Захист об'єктів критичної інфраструктури”.

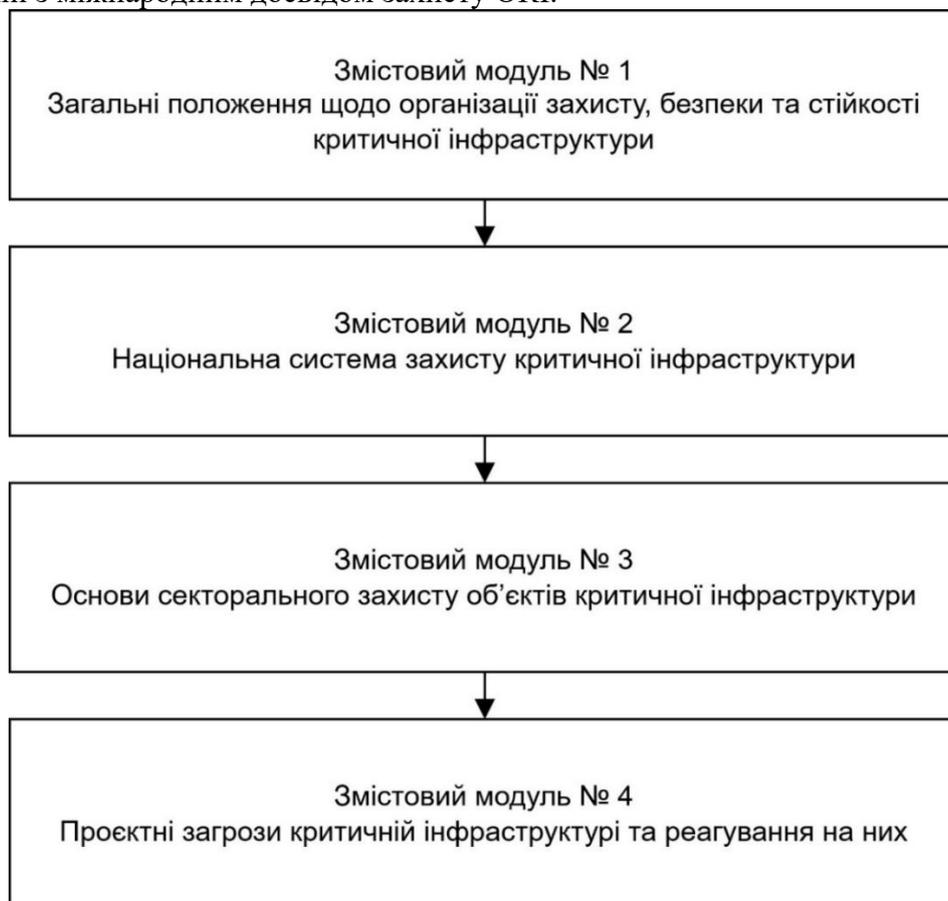
Метою цієї освітньої програми підвищення кваліфікації є підготовка посадових осіб, які залучені до здійснення заходів захисту ОКІ, вивчення теоретичних основ та практичних заходів щодо організації захисту ОКІ, функціонування загальної системи захисту та забезпечення безпеки та стійкості критичної інфраструктури України.

Освітня програма спрямована на формування компетентностей у посадових осіб, відповідальних за захист КІ, нових знань, умінь та навичок, спрямованих на створення і організацію безпеки КІ, зокрема:

- забезпечення функціональності, безперервності роботи, цілісність і стійкість КІ;
- набуття теоретичних основ та поглиблення набутих теоретичних знань щодо законодавчої бази у сфері захисту КІ;
- формування практичних умінь з порядку визначення критичності окремих елементів ОКІ;
- порядку влаштування, оцінки і підтримання інженерного захисту окремих критичних елементів;
- опанування методики проведення моніторингу рівня безпеки ОКІ;
- реагування на надзвичайні ситуації та ліквідацію їх наслідків на ОКІ.

Освітня програма складається з чотирьох змістових модулів, які логічно побудовані та охоплюють увесь спектр необхідних знань і навичок (рис. 2).

**Змістовий модуль № 1** “Загальні положення щодо організації захисту, безпеки та стійкості критичної інфраструктури” зосереджений на організаційних та правових аспектах захисту КІ, основних засадах державної політики у сфері захисту КІ, стійкості КІ, ознайомленні з міжнародним досвідом захисту ОКІ.



**Рисунок 1** – Схема змістових модулів освітньої програми підвищення кваліфікації “Захист об’єктів критичної інфраструктури” у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності

**Змістовий модуль № 2** “Національна система захисту критичної інфраструктури” детально розглядає національну систему захисту ОКІ, основні функції уповноваженого органу у сфері захисту критичної інфраструктури України, діяльність функціональних та секторальних органів у сфері захисту КІ, порядок взаємодії між суб’єктами захисту КІ.

**Змістовий модуль № 3** “Основи секторального захисту об’єктів критичної інфраструктури” охоплює комплекс знань і практичних навичок, необхідних для організації захисту об’єктів у різних секторах КІ, порушення функціонування яких призводить до порушення життєво важливих функцій та послуг. У модулі розглядаються питання запобігання посяганням на ОКІ у контексті їх секторальної приналежності, моніторингу, інженерного захисту ОКІ. Особливу увагу приділено основним аспектам енергетичної безпеки держави та особливостям забезпечення паливно-енергетичного сектору, секторів транспорту, промисловості, систем життєзабезпечення, громадської безпеки, соціального захисту, державного матеріального резерву, державної влади та місцевого самоврядування, захисту інформації, інформаційного медіа сектору, цифрових технологій. Основний акцент робиться на актуальності захисту КІ в умовах гібридної технології ведення війни, повномасштабної війни, а також терористичних загроз в Україні.

**Змістовий модуль № 4** “Проектні загрози критичній інфраструктурі та реагування на них” зосереджений на проєктних загрозах для КІ, організації реагування на кризові ситуації в умовах воєнного стану. Особливу увагу зосереджено на реагуванні на надзвичайні ситуації, пов’язані з радіаційною та хімічною небезпекою, кіберзагрозах для ОКІ та їх усуненні, синергії фізичного та кіберзахисту на ОКІ.

У результаті навчання слухачі опанують такі вміння:

- ідентифікувати та здійснювати категоризацію ОКІ;
- здійснювати планування, розроблення та впровадження заходів захисту КІ;
- визначати критичні елементи ОКІ;
- визначати можливі загрози для КІ;
- оцінювати вразливість ОКІ;
- визначати рівень захисту та планувати заходи захисту ОКІ;
- розробляти паспорти безпеки ОКІ;
- прогнозувати і оцінювати обстановку в зоні кризової ситуації на ОКІ та тактичні можливості підрозділів, що залучаються до ліквідації наслідків аварійної ситуації;
- розробляти плани взаємодії та підтримувати життєво важливі функції на випадок порушення функціонування об'єктів критичної енергетичної інфраструктури.

Освітня програма підвищення кваліфікації “Захист об'єктів критичної інфраструктури” є своєчасною відповіддю на виклики, з якими сьогодні стикається Україна. Війна яскраво продемонструвала, наскільки вразливими є ОКІ перед військовими атаками, гібридними загрозами та надзвичайними ситуаціями природного і техногенного характеру. Саме тому підготовка фахівців, які здатні забезпечити захист ключових об'єктів країни, стала не просто актуальною, а життєво необхідною.

Особливо важливим є міжнародний контекст цієї програми. У рамках підвищення кваліфікації враховано кращі практики країн-членів ЄС і стандартів НАТО у сфері захисту критичної інфраструктури. Це дає змогу адаптувати підготовку фахівців до сучасних вимог, а також інтегрувати Україну у спільний безпековий простір.

Навчальний план програми передбачає 90 академічних годин (3 ECTS-кредити), з них: 60 годин на теоретичні та практичні заняття та 30 годин на самостійну роботу.

Учасники програми отримуватимуть відповідний сертифікат про підвищення кваліфікації, що визнається державними органами.

Освітня програма підвищення кваліфікації може бути корисною не лише для вітчизняних фахівців, які залучені до здійснення заходів захисту КІ, але й для посадових осіб та персоналу, який відповідає за охорону, безпеку та захист ОКІ, а також представників екстрених служб з реагування на надзвичайні ситуації Європейського Союзу.

### **5. Очікувані результати та суспільний ефект**

Створення системи підготовки фахівців нового покоління у сфері захисту КІ є одним із ключових завдань національної безпеки та сталого розвитку держави. У сучасних умовах, коли загрози стають дедалі комплекснішими і багатовимірними, потреба у висококваліфікованих кадрах, які здатні ефективно протистояти різноманітним викликам, зростає в рази. Така система підготовки має ґрунтуватися на інтеграції теоретичних знань, практичних навичок і сучасних технологій, а також на міждисциплінарному підході, що охоплює технічні, управлінські, правові та соціальні аспекти захисту КІ.

Перш за все, створення такої системи дозволить забезпечити формування фахівців, які володітимуть не лише глибокими технічними знаннями, а й стратегічним мисленням, здатністю до комплексного аналізу ризиків, прийняття ефективних управлінських рішень та організації взаємодії між різними структурами. Вони будуть підготовлені до роботи в умовах високої невизначеності, багаторівневих загроз та швидких змін у технологічному та безпековому середовищі. Важливо, що така підготовка сприятиме розвитку інноваційного потенціалу, що особливо актуально для впровадження новітніх технологій у сфері захисту КІ.

Підвищення рівня безпеки ОКІ є безпосереднім і найважливішим результатом реалізації системи підготовки фахівців. Компетентні спеціалісти здатні проводити детальний аналіз вразливостей, прогнозувати можливі загрози та розробляти ефективні заходи для їх нейтралізації. Це, в свою чергу, сприяє зниженню ризику виникнення надзвичайних ситуацій, таких як техногенні аварії, кібернетичні атаки, диверсії чи природні катастрофи. Підвищення стійкості критично важливих об'єктів дозволяє забезпечити безперервність функціонування життєво важливих систем, що є фундаментом для соціальної стабільності та економічного розвитку країни.

Значним суспільним ефектом є зменшення втрат у надзвичайних ситуаціях. Завдяки високому рівню професійної підготовки, фахівці будуть здатні організовувати ефективне реагування на кризові події, координувати евакуаційні заходи, проводити ліквідацію наслідків аварій та катастроф. Це дозволить мінімізувати людські жертви, зменшити матеріальні збитки та знизити негативний вплив на навколишнє середовище. Крім того, швидке відновлення роботи об'єктів КІ після надзвичайних подій сприятиме стабілізації економіки та підтримці життєдіяльності населення.

Особливе значення має формування кадрового резерву для ключових державних структур, таких як ДСНС України, МВС, а також для державних підприємств, що відповідають за експлуатацію та безпеку КІ. Наявність підготовлених, мобільних та адаптивних фахівців дозволить оперативно реагувати на нові виклики, підсилювати існуючі підрозділи та забезпечувати безперервність функціонування систем безпеки. Це особливо актуально в умовах зростання складності загроз, що вимагає високої готовності та професіоналізму персоналу.

Крім того, створення такої системи підготовки сприятиме підвищенню рівня міжвідомчої та міжсекторальної взаємодії. Фахівці нового покоління будуть володіти навичками координації дій між різними державними органами, приватним сектором та міжнародними партнерами, що є критично важливим для ефективного управління ризиками та кризовими ситуаціями на національному рівні. Такий підхід сприятиме формуванню єдиної системи безпеки, здатної швидко адаптуватися до нових викликів.

Суспільний ефект від реалізації програми також полягає у підвищенні довіри громадян до системи безпеки та захисту. Кваліфіковані фахівці, які діють професійно і оперативно, сприяють зменшенню паніки, підвищенню рівня обізнаності населення щодо заходів безпеки та формуванню культури безпеки в суспільстві. Це, у свою чергу, зміцнює соціальну згуртованість та підвищує загальну стійкість держави до різних загроз.

Важливо також відзначити, що створення системи підготовки фахівців нового покоління сприятиме розвитку науково-дослідницької діяльності у сфері захисту КІ. Це дозволить впроваджувати інноваційні технології, розробляти нові методики оцінки ризиків та управління безпекою, а також підвищувати ефективність існуючих систем захисту. Такий науково-практичний потенціал буде важливим ресурсом для держави у забезпеченні її безпеки та конкурентоспроможності.

Отже, очікувані результати реалізації системи підготовки фахівців нового покоління у сфері захисту критичної інфраструктури є багатограними і мають суттєвий вплив на безпеку, економіку та соціальну стабільність країни. Вони включають:

- Створення високоефективної системи підготовки фахівців, що відповідає сучасним викликам і стандартам;
- Підвищення рівня безпеки та стійкості ОКІ, що знижує ризики виникнення надзвичайних ситуацій;
- Зменшення людських, матеріальних та екологічних втрат у разі надзвичайних ситуацій завдяки оперативному та професійному реагуванню;
- Формування кадрового резерву для ключових державних структур та підприємств, що забезпечує гнучкість і оперативність у реагуванні на загрози;
- Посилення міжвідомчої та міжнародної співпраці у сфері безпеки;
- Підвищення рівня довіри населення до системи захисту та формування культури безпеки;
- Розвиток науково-дослідницьких і інноваційних процесів у сфері захисту КІ.
- У підсумку, реалізація комплексної системи підготовки фахівців нового покоління створює міцний фундамент для забезпечення національної безпеки, ефективного управління ризиками та сталого розвитку країни в умовах сучасних викликів і загроз.

## Висновки

1. Сучасні загрози критичній інфраструктурі України носять комплексний характер: від прямих військових дій та гібридних атак до кіберінцидентів і техногенних аварій. Це потребує перегляду традиційних підходів до підготовки фахівців із захисту КІ – від теоретичного

вивчення стандартів до відпрацювання практичних навичок у наближених до реальності кризових сценаріях. Водночас інтеграція автоматизованих систем моніторингу з аналітично-прогностичними інструментами доводить свою ефективність у своєчасному виявленні вразливостей і зменшенні масштабу потенційних наслідків.

2. Європейські стандарти та стандарти НАТО (зокрема ISO 27001 і Directive (EU) 2022/2557) можуть і повинні бути адаптовані до українського контексту з урахуванням особливостей взаємодії держструктур та громадського сектору. Саме за умови чіткої регламентації міжвідомчої взаємодії й регулярного обміну інформацією між ДСНС України, поліцією, операторами енергомереж та кіберслужбами стає можливим швидке й скоординоване реагування на інциденти.

3. Модульна структура освітньої програми, показує свою практичну доцільність: учасники тренінгів одночасно розвивають аналітичні здібності, навички роботи з SCADA-системами, розуміння принципів управління безперервною діяльністю та комунікацію в кризових умовах. Така покрокова побудова навчального процесу дозволяє ефективно оцінювати прогрес і коригувати програму відповідно до динаміки загроз.

4. Дослідження підкреслює необхідність створення механізмів постійного моніторингу якості підготовки кадрів і динамічного оновлення стандартів програми за допомогою системи КРІ. Це забезпечить гнучкість – вчасне впровадження нових модулів для протидії надзвичайним ситуаціям. Лише завдяки такому проактивному підходу Україна зможе підтримувати стійкість своєї критичної інфраструктури перед обличчям невпинно зростаючих викликів.

#### Список використаних джерел

1. Koval, V. V., & Shapoval, O. V. (2020). The system of state protection of critical infrastructure of Ukraine: genesis, current state and prospects for optimization in terms of further national security. *Chas Prava (Time of Law)*, (4), 146–153. <https://chasprava.com.ua/index.php/journal/article/view/592>
2. Kochmar, I., Karabyn, V. (2023). Water Extracts from Waste Rocks of the Coal Industry of Chervonograd Mining Area (Ukraine): Problems of Environmental Safety and Civil Protection. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(1), 247-255. <https://doi.org/10.12912/27197050/155209>
3. Kochmar, I., Karabyn, V., Stepova, K., Stadnik, V., & Sozanskyi, M. (2024). Thermal Impact on Heavy Metal Bioavailability in Burnt Rocks of Waste Heap of Chervonohradska Coal-preparation Plant (Lviv Region, Ukraine). *Geomatics and Environmental Engineering*, 18(1), 117–133. <https://doi.org/10.7494/geom.2024.18.1.117>
4. Kochmar, I., Karabyn, V., Kordan, V. (2024). Ecological and geochemical aspects of thermal effects on argillites of the Lviv-Volyn coal basin spoil tips. *Scientific Bulletin of National Mining University*, 3, 100-107. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-3/100>
5. Karabyn V. and Kochmar I. (2025). Distribution of different forms of manganese in coal mining waste: A case study of the Vizeyska mine, Ukraine IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1499 012045 DOI 10.1088/1755-1315/1499/1/012045
6. Sweeney, D. (2021). Staring Down the Digital Fulda Gap: Path Dependency as a Cyber Defense Vulnerability. arXiv preprint arXiv:2112.02773. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2112/2112.02773.pdf>
7. Shuryhin, V., Rak, Y., & Karabyn, V. (2020). Analysis of factors and development of methods for managing the environmental and civil safety of transboundary transportation of oil and oil products through pipelines. *ScienceRise*, (5 (70) Special), 51-56.
8. Kuzyk, A., Karabyn, V., Shuryhin, V., Sushko, Y., Stepova, K., Karabyn, O. (2023). The River System Pollutant Migration in the Context of the Sudden One-Time Discharge with Consideration of the Bottom Sediments Influence (Case of Benzene Migration in the Stryi River, Ukraine). *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(1), 46-54. <https://doi.org/10.12912/27197050/154909>

9. Shuryhin, V., Karabyn, V., Kuzyk, A. (2023). Prediction of Benzene Migration Parameters Resulting from Continuous Flow in a Mountain River. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(8), 73-81. <https://doi.org/10.12912/27197050/171529>
10. Papastergiou, S., & Tsiakas, K. (2025). Towards the Design of Cyber Range Training Programs for Enhanced Preparedness: Investigating the Training Needs in Critical Infrastructures. 2025 IEEE International Conference on Cyber Security and Resilience (CSR), 1-8. <https://ieeexplore.ieee.org/document/11016646/>
11. Raj, P. (2025). Vocational and Skill-Based Education in India: A Critical Review of NEP 2020's Implementation and Challenges. *MORFAI: Multidisciplinary Online Research Forum for Advancement & Innovation*, 5(1), 1-15. <https://radjapublika.com/index.php/MORFAI/article/view/2626>
12. Klymenko, O., & Zakharchenko, L. (2021). Strengthening the protection of critical infrastructure: domestic realities and international cooperation. *National Institute for Strategic Studies*. [http://npndfi.org.ua/?page\\_id=774&lang=en&aid=1063](http://npndfi.org.ua/?page_id=774&lang=en&aid=1063)
13. Верховна Рада України. (2021). Закон України “Про критичну інфраструктуру”. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text>
14. Koval, V., & Shapoval, O. (2022). Usage of Open-Source Intelligence for Security of Critical Infrastructure. *Information Security of Critical Infrastructure*, 2, 24-32. <https://ists.knu.ua/article/view/3747>
15. OECD. (2019). *Good Governance for Critical Infrastructure Resilience*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/6efc8d9f-en>
16. Формування системи освіти, підготовки та перепідготовки персоналу у сфері захисту критичної інфраструктури: аналіт. доп. / О.М. Суходоля. Київ: Національний інститут стратегічних досліджень, 2025. 92 с. DOI: <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2025.01>
17. Sari, A. R., & Sari, R. F. (2021). Resilience at the Core: Critical Infrastructure Protection Challenges, Priorities and Cybersecurity Assessment Strategies. *Journal of Computer and Communications*, 9, 69–90. <https://www.scirp.org/journal/doi.aspx?doi=10.4236/jcc.2021.98006>
18. European Union. (2022). Directive (EU) 2022/2557 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2022 on the resilience of critical entities and repealing Council Directive 2008/114/EC. *Official Journal of the European Union*, L 333/164. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/2557/oj>
19. International Organization for Standardization. (2019). *ISO 22301:2019 Security and resilience – Business continuity management systems – Requirements*. <https://www.iso.org/standard/75106.html>
20. International Organization for Standardization. (2022). *ISO/IEC 27001:2022 Information security, cybersecurity and privacy protection - Information security management systems - Requirements*. <https://www.iso.org/standard/27001>
21. National Institute of Standards and Technology. (2018). *Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity, Version 1.1*. <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/CSWP/NIST.CSWP.04162018.pdf>
22. NATO. (2023). *Resilience and Article 3*. [https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics\\_132722.htm](https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_132722.htm)
23. UNDRR. (2017). *Build Back Better in recovery, rehabilitation and reconstruction*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. <https://www.undrr.org/terminology/build-back-better>

### References

1. Koval, V. V., & Shapoval, O. V. (2020). The system of state protection of critical infrastructure of Ukraine: genesis, current state and prospects for optimization in terms of further national security. *Chas Prava (Time of Law)*, (4), 146–153. <https://chasprava.com.ua/index.php/journal/article/view/592>
2. Kochmar, I., Karabyn, V. (2023). *Water Extracts from Waste Rocks of the Coal Industry of Chervonograd Mining Area (Ukraine): Problems of Environmental Safety and Civil Protection*.

Ecological Engineering & Environmental Technology, 24(1), 247-255. <https://doi.org/10.12912/27197050/155209>

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

4. Kochmar, I., Karabyn, V., Kordan, V. (2024). Ecological and geochemical aspects of thermal effects on argillites of the Lviv-Volyn coal basin spoil tips. *Scientific Bulletin of National Mining University*, 3, 100-107. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-3/100>

5. Karabyn V. and Kochmar I. (2025). Distribution of different forms of manganese in coal mining waste: A case study of the Vizeyska mine, Ukraine IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1499 012045 DOI 10.1088/1755-1315/1499/1/012045

6. Sweeney, D. (2021). Staring Down the Digital Fulda Gap: Path Dependency as a Cyber Defense Vulnerability. arXiv preprint arXiv:2112.02773. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2112/2112.02773.pdf>

7. Shuryhin, V., Rak, Y., & Karabyn, V. (2020). Analysis of factors and development of methods for managing the environmental and civil safety of transboundary transportation of oil and oil products through pipelines. *ScienceRise*, (5 (70) Special), 51-56.

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

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

10. Papastergiou, S., & Tsiakas, K. (2025). Towards the Design of Cyber Range Training Programs for Enhanced Preparedness: Investigating the Training Needs in Critical Infrastructures. 2025 IEEE International Conference on Cyber Security and Resilience (CSR), 1-8. <https://ieeexplore.ieee.org/document/11016646/>

11. Raj, P. (2025). Vocational and Skill-Based Education in India: A Critical Review of NEP 2020's Implementation and Challenges. MORFAI: Multidisciplinary Online Research Forum for Advancement & Innovation, 5(1), 1-15. <https://radjapublika.com/index.php/MORFAI/article/view/2626>

12. Klymenko, O., & Zakharchenko, L. (2021). Strengthening the protection of critical infrastructure: domestic realities and international cooperation. *National Institute for Strategic Studies*. [http://npndfi.org.ua/?page\\_id=774&lang=en&aid=1063](http://npndfi.org.ua/?page_id=774&lang=en&aid=1063)

13. Verkhovna Rada Ukrainy. (2021). Zakon Ukrainy “Pro krytychnu infrastrukturu”. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text>

14. Koval, V., & Shapoval, O. (2022). Usage of Open-Source Intelligence for Security of Critical Infrastructure. *Information Security of Critical Infrastructure*, 2, 24-32. <https://ists.knu.ua//article/view/3747>

15. OECD. (2019). Good Governance for Critical Infrastructure Resilience. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/6efc8d9f-en>

16. Formuvannia systemy osvity, pidhotovky ta perepidhotovky personalu u sferi zakhystu krytychnoi infrastruktury: analit. dop. / O.M. Sukhodolia. Kyiv: Natsionalnyi instytut stratehichnykh doslidzhen, 2025. 92 s. DOI: <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2025.01>

17. Sari, A. R., & Sari, R. F. (2021). Resilience at the Core: Critical Infrastructure Protection Challenges, Priorities and Cybersecurity Assessment Strategies. *Journal of Computer and Communications*, 9, 69–90. <https://www.scirp.org/journal/doi.aspx?doi=10.4236/jcc.2021.98006>

18. European Union. (2022). Directive (EU) 2022/2557 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2022 on the resilience of critical entities and repealing Council Directive

2008/114/EC. Official Journal of the European Union, L 333/164. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/2557/oj>

19. International Organization for Standardization. (2019). ISO 22301:2019 Security and resilience – Business continuity management systems – Requirements. <https://www.iso.org/standard/75106.html>

20. International Organization for Standardization. (2022). ISO/IEC 27001:2022 Information security, cybersecurity and privacy protection - Information security management systems - Requirements. <https://www.iso.org/standard/27001>

21. National Institute of Standards and Technology. (2018). Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity, Version 1.1. <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/CSWP/NIST.CSWP.04162018.pdf>

22. NATO. (2023). Resilience and Article 3. [https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics\\_132722.htm](https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_132722.htm)

23. UNDRR. (2017). Build Back Better in recovery, rehabilitation and reconstruction. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. <https://www.undrr.org/terminology/build-back-better>

## РОЗДІЛ 4. РОЗВИТОК ІННОВАЦІЙ У СФЕРІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

### ІННОВАЦІЙНІ ІТ-СИСТЕМИ ЛЬВІВСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ДЛЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ: RSP, «Я – ДОБРОВОЛЕЦЬ» ТА QRESCUE

**Дмитро БОНДАР**

кандидат наук з державного управління, доцент, ректор Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
rektor@dubgd.edu.ua, ORCID: 0009-0004-9571-7828

**Василь ПОПОВИЧ**

доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
popovich2007@dubgd.edu.ua, ORCID: 0000-0003-2857-0147

**Ростислав ГРИНИК**

науковий співробітник сектору науково-інноваційної діяльності Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
rosgrynyk@gmail.com, ORCID: 0009-0008-6191-7337

У статті представлено три інноваційні інформаційні системи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, спрямовані на підвищення ефективності цивільного захисту. **RSP (Response Support Platform)** – геоінформаційна платформа для відображення розташування пожежно-рятувальних підрозділів і прогнозування часу їх прибуття, що відповідає національним стандартам і сприяє плануванню добровільних формувань. «**Я – Доброволець**» – комплексна система мобілізації волонтерів, яка об'єднує web-інтерфейс диспетчера та мобільний додаток, забезпечує геолокаційний моніторинг, автоматичне оповіщення через push-повідомлення та телефонні дзвінки, а також навігацію до місця події. **QRescue** – система оперативного доступу рятувальників до критичних даних про будівлі через QR-коди, що надає плани, розташування інженерних мереж, інформацію про мешканців з особливими потребами та засоби пожежогасіння. Усі три рішення розроблені з урахуванням можливості інтеграції з державними реєстрами, платформами управління силами та засобами, а також національними системами оповіщення, формуючи основу єдиної цифрової екосистеми цивільного захисту.

**Мета дослідження:** показати, як упровадження інноваційних інформаційних систем Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (ЛДУ БЖД) – системи візуалізації районів пожежного обслуговування (RSP), волонтерської платформи «Я – Доброволець» і системи оперативного доступу QRescue – сприяє підвищенню ефективності роботи підрозділів цивільного захисту у воєнних умовах, формуванню безпечного середовища та залученню населення до реагування на надзвичайні ситуації.

**Методи дослідження:** контент-аналіз, порівняння функціональних можливостей систем за документацією університету, аналіз відповідності нормам чинних стандартів (ДСТУ 8767:2019), SWOT-аналіз сильних і слабких сторін, узагальнення рекомендацій фахівців.

**Результати:** описано три інноваційні ІТ-проекти ЛДУ БЖД:

– **RSP (Response Support Platform)** – система відображення на карті пожежно-рятувальних підрозділів та обчислення часу доїзду. Вона відповідає вимогам ДСТУ 8767:2019, стимулює органи місцевого самоврядування до створення добровільних формувань і потребує розширення для всієї України.

– «**Я – Доброволець**» – комплексна платформа, що поєднує web-інтерфейс диспетчера та мобільний додаток. Вона дозволяє створювати та керувати подіями, відстежувати геолокацію та

доступність добровольців, проводити двоканальне оповіщення через push-повідомлення та телефонні дзвінки, а також надає волонтерам маршрути до місця події.

– **QRescue** – система оперативного доступу рятувальників до інформації про багатоквартирні будинки. Мобільний інтерфейс із QR-кодами забезпечує миттєвий доступ до планів будинку, розташування інженерних мереж, інформації про мешканців із особливими потребами та засобів пожежогасіння. Система дозволяє вносити та оновлювати дані через веб-інтерфейс ОСББ та інтегрується з платформами управління силами і засобами цивільного захисту.

**Теоретична цінність дослідження:** узагальнено підхід до цифровізації цивільного захисту через розробку спеціалізованих ІТ-систем, що інтегрують геоінформаційні технології, мобільні застосунки, хмарні платформи та штучний інтелект. Запропонована класифікація систем за функціональними ознаками: системи прогнозування та планування (RSP), волонтерські мережі реагування («Я – Доброволець») та системи доступу до критичних даних (QRescue).

**Практична цінність дослідження:** системи RSP, «Я – Доброволець» та QRescue вже використовуються або тестуються у Львівській та Хмельницькій областях, надаючи рятувальникам та волонтерам інструменти для швидкого реагування, ефективного планування та обміну інформацією. Розробка й поширення цих систем має потенціал стати основою єдиної національної безпекової мережі для підвищення стійкості громад та залучення населення до участі в цивільному захисті.

**Оригінальність/Цінність дослідження:** стаття вперше системно описує три взаємодоповнюючі ІТ-проекти ЛДУ БЖД і показує, як інтеграція мобільних додатків, геолокаційних сервісів, QR-ідентифікації та штучного інтелекту створює екосистему підтримки рятувальників і добровольців. QRescue, наприклад, поєднує централізовану базу даних і мобільний інтерфейс із диференційованими правами доступу, що дозволяє захищено отримувати актуальні дані про будівлі безпосередньо під час пожежі [3].

**Обмеження дослідження/Майбутні дослідження:** усі три системи перебувають на різних етапах розвитку; RSP поки що охоплює лише Львівську область і потребує оновлення технічного завдання та розширення інформаційної бази на всю Україну. Система «Я – Доброволець» вимагає масштабування до національного рівня та інтеграції з іншими каналами зв'язку. Для QRescue актуальною є інтеграція з системами управління силами та засобами цивільного захисту і законодавче врегулювання збору та використання персональних даних. Перспективою майбутніх досліджень є створення єдиного порталу, що об'єднає всі ІТ-рішення ЛДУ БЖД.

**Ключові слова:** цивільний захист, інформаційні технології, волонтерські платформи, час доїзду, QR-код, мобільний додаток, безпекове середовище.

## INNOVATIVE IT SYSTEMS OF LVIV STATE UNIVERSITY OF LIFE SAFETY FOR CIVIL PROTECTION: RSP, “I-VOLUNTEER” AND “QRESCUE”

**Dmytro BODNAR**

PhD in Public Administration, Rector of the Lviv State University of Life Safety,  
d.bondar.ldubgd@gmail.com, ORCID: 0009-0004-9571-7828

**Vasyl POPOVYCH**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Research at the Lviv State University of Life Safety,  
popovich2007@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2857-0147

**Rostyslav GRNYK**

Research Fellow at the Department of Scientific and Innovation Activities, Lviv State University of Life Safety,  
rosgrnyk@gmail.com, ORCID: 0009-0008-6191-7337

The article presents three innovative information systems developed by the Lviv State University of Life Safety aimed at enhancing the effectiveness of civil protection. **RSP (Response Support Platform)** is a geoinformation platform for visualizing the location of fire and rescue units and predicting their arrival times, compliant with national standards and supporting the planning of volunteer formations. **"I – Volunteer"** is a comprehensive volunteer mobilization system that combines a dispatcher's web interface with a mobile application, providing geolocation monitoring, automated alerts via push notifications and phone calls, and navigation to the incident site. **QRescue** is a system for rescuers' rapid access to critical building data through QR codes, delivering floor plans, locations of utility networks, information about residents with special needs, and firefighting equipment. All three solutions are designed for integration with state registries, force and resource management platforms, and national alert systems, forming the foundation of a unified digital civil protection ecosystem.

**Purpose:** to demonstrate how the implementation of innovative information systems at Lviv State University of Life Safety (LSU LS) – the fire service area visualization system (RSP), the volunteer platform "I – Volunteer", and the QRescue rapid access system – contributes to improving the effectiveness of civil protection units in wartime conditions, creating a safe environment, and involving the population in responding to emergencies.

**Method:** content analysis, comparison of system functionalities based on university documentation, analysis of compliance with applicable standards (DSTU 8767:2019), SWOT analysis of strengths and weaknesses, summarization of expert recommendations.

**Findings:** three innovative IT projects of the LDU BZHD are described:

– **RSP (Response Support Platform)** – a system for displaying fire and rescue units on a map and calculating travel time. It complies with the requirements of DSTU 8767:2019, encourages local authorities to create volunteer units, and needs to be expanded to cover the whole of Ukraine.

– **"I-Volunteer"** – a comprehensive platform that combines a web interface for dispatchers and a mobile app. It allows you to create and manage events, track the geolocation and availability of volunteers, conduct two-way alerts via push notifications and phone calls, and provides volunteers with routes to the scene.

– **QRescue** is a system that provides rescuers with rapid access to information about apartment buildings. A mobile interface with QR codes provides instant access to building plans, the location of utility networks, information about residents with special needs, and firefighting equipment. The system allows data to be entered and updated via the HOA web interface and integrates with civil protection force and resource management platforms.

**Theoretical implications:** a generalized approach to the digitization of civil protection through the development of specialized IT systems that integrate geoinformation technologies, mobile applications, cloud platforms, and artificial intelligence. A classification of systems based on functional characteristics has been proposed: forecasting and planning systems (RSP), volunteer response networks ("I-Volunteer") and critical data access systems (QRescue).

**Practical implications:** the RSP, "I-Volunteer," and QRescue systems are already being used or tested in the Lviv and Khmelnytskyi regions, providing rescuers and volunteers with tools for rapid response, effective planning, and information sharing. The development and dissemination of these systems has the potential to become the basis for a unified national security network to increase community resilience and engage the population in civil protection.

**Originality/Value:** the article systematically describes three complementary IT projects of the LSULS for the first time and shows how the integration of mobile applications, geolocation services, QR identification, and artificial intelligence creates an ecosystem to support rescuers and volunteers. QRescue, for example, combines a centralized database and a mobile interface with differentiated access rights, allowing secure access to up-to-date data on buildings directly during a fire.

**Research limitations/Future research:** all three systems are at different stages of development; RSP currently covers only the Lviv region and requires updating of technical specifications and expansion of the information base to cover the whole of Ukraine. The "I-Volunteer" system needs to be scaled up to the national level and integrated with other communication channels. For QRescue, integration with civil protection force and resource management systems and legislative regulation of the collection and use of

personal data are relevant. A prospect for future research is the creation of a single portal that will unite all IT solutions of the Lviv State University of Life Safety.

**Keywords:** civil protection, information technology, volunteer platforms, travel time, QR code, mobile app, safe environment.

## Вступ

Повномасштабна агресія проти України різко підвищила вимоги до готовності органів цивільного захисту та потребу в швидкому реагуванні на надзвичайні ситуації. Обмеженість ресурсів і територіальна складність зон бойових дій зумовлюють потребу у використанні інноваційних інформаційних технологій, що підсилюють спроможність рятувальників і добровольців. Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (ЛДУ БЖД) розробляє комплекс IT-систем для цивільного захисту. У цьому розділі досліджено три ключові проекти: систему візуалізації часу прибуття RSP, волонтерську платформу «Я – Доброволець» та систему оперативного доступу до даних QR Rescue. Кожен з них вирішує специфічну проблему, але всі разом утворюють інтегровану інфраструктуру реагування, що охоплює прогнозування, мобілізацію добровольців і забезпечення рятувальників інформацією.

## 1. Теоретичні основи дослідження

### 1.1. Глобальні тенденції цифровізації цивільного захисту

Міжнародний досвід свідчить, що у сфері цивільного захисту ефективно застосовуються геоінформаційні системи, хмарні обчислення, мобільні додатки та штучний інтелект для прогнозування наслідків, координації підрозділів і комунікації з населенням. У країнах ЄС та США впроваджено системи автоматичного оповіщення, розумні сирени, мобільні додатки для волонтерів, а рятувальники користуються цифровими планами будинків. Україна лише починає інтегрувати ці технології у сферу цивільного захисту; війна стала каталізатором для розробки вітчизняних рішень.

### 1.2. Нормативне забезпечення

Вимоги до дислокації та районів виїзду пожежних підрозділів регламентує ДСТУ 8767:2019 «Пожежно-рятувальні частини. Вимоги до дислокації та району виїзду, комплектування пожежними автомобілями та проектування». Розробники RSP зазначають, що система відображає на карті час доїзду пожежно-рятувальних підрозділів до місця події, згідно з цим стандартом, та стимулює органи місцевого самоврядування створювати добровільні пожежні формування.

## 2. Постановка проблеми

Підрозділи ДСНС України та інші служби реагування стикаються з низкою проблем:

– **період прибуття і визначення найближчого підрозділу.** Відсутність інтегрованої інформації про розміщення пожежних частин за межами Львівської області обмежує можливості оперативного планування;

– **координація добровольців.** Без швидкого доступу до даних про місцезнаходження та доступність волонтерів неможливо ефективно сформувати групу реагування. Залучення громадянських формувань може зменшити час реагування, але потребує системного підходу;

– **дефіцит інформації про об'єкти.** Під час пожеж у багатоквартирних будинках рятувальники часто мають лише паперові плани або застарілі картки пожежогасіння; це ускладнює доступ до актуальної інформації про інженерні мережі, мешканців з обмеженими можливостями та засоби пожежогасіння;

– **нерозвинене оповіщення.** Значна частина населення не отримує своєчасних попереджень через відсутність багатоканальної системи оповіщення. Університет вказує на потребу інтелектуальних засобів управління списками абонентів, конвертації текстових повідомлень у голосові та контролю процесу оповіщення в реальному часі.

## 3. Методологія дослідження

Дослідження здійснено у декілька етапів. Спочатку проведено контент-аналіз внутрішньої документації ЛДУ БЖД: доповідної записки щодо розвитку RSP, інформаційних матеріалів систем «Я – Доброволець» та QR Rescue, заявки на виконання науково-дослідної

роботи та патентних матеріалів. Було виділено функціональні модулі, проблеми, які вирішують системи, та їх переваги. Далі застосовано SWOT-аналіз для оцінки сильних і слабких сторін, можливостей та загроз. На третьому етапі узагальнено практичні результати тестувань систем у Львівській та Хмельницькій областях.

#### 4. Результати

##### 4.1. Система RSP

Система RSP (Response Support Platform) розроблена для візуалізації розташування пожежно-рятувальних підрозділів та прогнозування часу їх доїзду до місця події. Мета системи – стимулювати органи місцевого самоврядування створювати добровільні пожежні формування й оптимізувати розміщення техніки. Доповідна записка фіксує, що наразі RSP охоплює лише Львівську область, а бракує інформації про пожежні частини та добровільні підрозділи інших регіонів. Планується розширити систему, доповнивши її рекомендаціями щодо необхідної кількості техніки та особового складу добровольчих формувань згідно із законодавством. Основні проблеми – неповні дані та потреба у технічному завданні для розвитку системи. Попри обмеження, RSP є важливим інструментом планування, який може стати основою для національної геоінформаційної системи цивільного захисту.

##### 4.2. Платформа «Я – Доброволець»

Платформа поєднує **web-інтерфейс диспетчера** і **мобільний додаток** для волонтерів. Адміністративна панель дозволяє створювати події, керувати запитами, відстежувати активність добровольців і переглядати аналітику. Вона складається з блоків:

1. «**Мапа**» – відображає всі активні та завершені події, зареєстрованих і активних добровольців та їх геолокацію.

2. «**Події**» – забезпечує створення нової події із зазначенням типу, опису, необхідної кількості волонтерів, а також завершення події та зміну інформації у реальному часі.

3. «**Добровольці**» – надає детальну інформацію про зареєстрованих та активних волонтерів; у системі зареєстровано понад 2300 осіб.

4. «**Аналітика**» – дозволяє аналізувати кількість та розташування подій, активних і залучених добровольців та їх динаміку.

Мобільний застосунок визначає активних добровольців, що географічно перебувають найближче до події, сповіщає їх через push-повідомлення та телефонний дзвінок і допомагає прокласти маршрут до місця події за допомогою Waze або Google Maps. Функціональні блоки додатка включають: «Мапа» (перегляд розташування події та прокладання маршруту), «Сповіщення» (отримання інформації про завдання), «Кабінет» (персональні дані, календар доступності, історія залучень, налаштування та служба підтримки).

Технічна архітектура платформи складається з п'яти модулів: web-UI, мобільного додатка, core-сервісу з базою даних PostGIS, notification-модуля для push-сповіщень (notification-service та Firebase Cloud Messaging), call-center-модуля для голосових дзвінків (call-center-service, PostgreSQL-база, text-to-speech-модель та IP-PBX). Core-сервіс (volunteer-core) реалізований на Spring Boot і відповідає за бізнес-логіку – визначення добровольців для залучення, валідацію заявок і керування подіями[6]. Кожен із п'яти модулів має чітко визначену роль та взаємодіє з іншими через стандартизовані REST API:

– **Web-UI** реалізований як адаптивний вебзастосунок для роботи диспетчерів, що дозволяє керувати подіями та волонтерами в реальному часі. Передбачена інтеграція з відомчими аналітичними платформами (наприклад, ситуаційними центрами ДСНС України) для автоматичного обміну даними;

– **мобільний додаток «Я – Доброволець»**, розроблений на React Native, забезпечує взаємодію волонтера із системою: надсилає координати, календар доступності та приймає запити на залучення. Інтегрований з Google Maps для побудови маршруту та підтримує отримання повідомлень від державних систем оповіщення;

– **Core-модуль** (Spring Boot, PostGIS) відповідає за бізнес-логіку: відбір добровольців за кваліфікацією, доступністю та відстанню, створення й завершення подій, управління

геоданими. Використання PostGIS дозволяє визначати найближчих волонтерів і працювати з регіонами доступу;

– **Notification-модуль** (Spring Boot, Firebase Cloud Messaging) автоматизує push-оповіщення, генерує повідомлення та доставляє їх на мобільні пристрої, використовуючи попередньо згенеровані токени;

– **Call-center-модуль** (Python, PostgreSQL, TTS, IP-PBX, SIP Trunk) дублює оповіщення телефонним дзвінком для випадків, коли волонтер не має інтернет-доступу. Керує чергою дзвінків і зберігає результати оповіщення. Система використовує PostGIS для роботи з геоданими та визначення найближчих волонтерів; Notification-service генерує push-сповіщення через FCM; call-center-service взаємодіє з TTS-моделлю для синтезу голосових повідомлень та керує чергою дзвінків через IP-PBX.

«Я – Доброволець» вирішує низку практичних проблем: відстеження активних добровольців у реальному часі, автоматичний вибір волонтерів за відстанню та доступністю, миттєве оповіщення через push-повідомлення та телефонні дзвінки, навігація до місця події та заміна волонтерів у разі відмови. Завдяки поєднанню геоаналітики, мобільного зв'язку та автоматизованого оповіщення система усуває затримки, характерні для традиційних каналів комунікації. Доброволець може отримати сповіщення за секунди після створення події, а диспетчер бачить підтвердження участі в режимі реального часу. Система також автоматично виключає недоступних або географічно віддалених учасників, що зменшує ризик дублювання зусиль та перевантаження певних волонтерів. Система вже протестована у Львівській та Хмельницькій областях; за результатами тестувань доопрацьовано функціонал та враховано понад сто рекомендацій.

#### 4.3. Система QRescue

QRescue – це інформаційна система для оперативного доступу рятувальників до даних про багатоповерхові житлові будинки. Корисна модель описує комплексну структуру: центральний сервер з базою даних, веб-інтерфейс для адміністраторів і представників ОСББ та мобільний додаток для рятувальників. Кожен будинок отримує унікальний QR-код, який розміщується на будівлі; після сканування код відкриває профіль будинку з актуальними даними. У профіль включають загальні характеристики (поверховість, кількість мешканців), інформацію про осіб з інвалідністю, схеми інженерних мереж (водо-, газо-, електропостачання), розташування пожежних кран-комплектів і вогнегасників та план евакуації.

Система забезпечує двосторонній обмін інформацією: представник ОСББ може постійно оновлювати дані через веб-інтерфейс, а рятувальники отримують доступ до цієї інформації у режимі реального часу. Використання планшета з доступом до Інтернету дозволяє керівнику гасіння пожежі миттєво отримати інтерфейс із планами будинку і ключовими показниками, визначити безпечні шляхи евакуації та місця відключення комунікацій. Корисна модель забезпечує захищений авторизований доступ через REST API та HTTPS-протокол, диференційовані права для адміністраторів, представників ОСББ і рятувальників, можливість інтеграції з системами управління силами та засобами цивільного захисту, а також централізоване оновлення даних.

Застосовний сценарій QRescue включає адміністративну панель, блоки «ОСББ», «Користувачі», «Мапа» та «Рятувальника панель». Адміністратор може додавати ОСББ, будинки, інформацію про будинок і генерувати QR-код у форматі PDF; рятувальники через «Рятувальника панель» переглядають інформацію та плани будинку. Наразі система розробляється й удосконалюється, але вже забезпечує рятувальників критично важливою інформацією, що прискорює роботу та допомагає швидше зорієнтуватися на об'єкті.

Перспективною є інтеграція QRescue з геоінформаційними платформами ДСНС України, що дозволить автоматично відображати дані про будівлі на інтерактивній карті оперативного штабу. Додатково, через API, система зможе отримувати інформацію з державних реєстрів про зміни у характеристиках об'єкта, автоматично оновлюючи профіль будівлі.

#### 4.4. Інноваційна система оповіщення

Університет також розробив багатоканальну систему оповіщення, що інтегрується з іншими платформами. Лист на ім'я Міністерства освіти і науки повідомляє, що система побудована на сучасних веб-технологіях і підтримує кілька каналів зв'язку, дозволяючи миттєво інформувати ключових користувачів. До її переваг віднесено інтуїтивний інтерфейс та простоту використання, інтелектуальне управління списками абонентів, автоматичну конвертацію текстових повідомлень у голосові, контроль процесу оповіщення у режимі реального часу та високу масштабованість і інтеграційні можливості. Ця система пропонується для розгортання у закладах освіти, органах місцевого самоврядування та спортивних організаціях і є важливою складовою безпекового середовища.

#### 4.5. Експертні оцінки та відгуки

ЛДУ БЖД активно презентує свої розробки потенційним користувачам та отримує офіційні відгуки від органів влади й закладів освіти. Дніпровський державний університет внутрішніх справ підтримує впровадження систем «Я – Доброволець» і **QRescue** та пропонує пілотне використання розробок в освітньому процесі з подальшою онлайн-демонстрацією для обміну досвідом.

Волинська обласна військова адміністрація наголошує, що інноваційні рішення мають потенціал значно підвищити ефективність реагування й пропонує інтегрувати диспетчерський модуль платформи «Я – Доброволець» із системою управління силами і засобами ДСНС України (СУСЗ), що дозволить оптимізувати координацію добровольців і скоротити час реагування.

Закарпатська обласна військова адміністрація вважає доцільним розширити **QRescue** інформацією про захисні споруди та підвальні приміщення й рекомендує обмежити доступ до платформи або відтермінувати її повномасштабне впровадження до закінчення воєнного стану, адже система містить плани будинків, персональні дані та геолокаційні відомості.

Івано-Франківська обласна адміністрація висловила підтримку ініціативі університету та передала інформацію до місцевих органів влади, проте наголосила, що у їхньому департаменті відсутні фахівці, здатні надати ґрунтовні експертні висновки.

Експертні висновки Дніпровського державного університету внутрішніх справ містять докладний аналіз функціональних можливостей та інформаційної безпеки систем. У висновку щодо **QRescue** відзначено можливості автоматичної геолокації, доступу до технічних характеристик будинків, інформації про евакуаційні виходи, інженерні мережі та мешканців; високо оцінено рівень захисту даних та потенціал інтеграції з державними реєстрами. Експерти підкреслюють, що система має значний практичний ефект для підрозділів ДСНС України, поліції та медичної служби і рекомендують пілотне впровадження у містах з високою щільністю забудови. Серед ризиків виділено неповноту даних, несанкціонований доступ, недостатню підготовку персоналу та фінансові витрати; для їх мінімізації запропоновано проведення публічних кампаній із наповнення бази, впровадження двофакторної автентифікації, організацію навчання та залучення донорів.

Висновок щодо мобільного застосунку «Я – Доброволець» підтверджує його ефективність для створення й пошуку волонтерських ініціатив, реєстрації учасників, push-сповіщень, внутрішнього чату та аналітики [6]. З безпекової точки зору відзначено використання HTTPS-шифрування та авторизації через електронну пошту або Google, але рекомендовано впровадити двофакторну автентифікацію і процедури верифікації ініціатив для запобігання псевдоініціативам. Серед ризиків – витік контактів, зловживання персональними даними та неузгодженість із структурами МВС; для їх зменшення запропоновано призначати кураторів для перевірки ініціатив, обмежувати видимість даних до реєстрації та запроваджувати внутрішній контроль.

### 5. Обговорення

#### 5.1. Синергетична модель

Розглянуті системи демонструють, що успіх цифрової трансформації цивільного захисту залежить від комплексності та взаємодоповнюваності рішень. RSP виконує функцію

стратегічного планування та аналізу; «Я – Доброволець» формує оперативні групи реагування, а QRescue забезпечує тактичну інформацію на місці події. Інноваційна система оповіщення є наскрізним елементом, що сповіщає як добровольців, так і відповідальних осіб. Інтеграція цих систем у єдину платформу дозволить замкнути контур «планування – мобілізація – реагування – інформування» і значно підвищить ефективність цивільного захисту. Перспективна архітектура передбачає інтеграцію всіх трьох систем із:

- **Системою управління силами і засобами ДСНС України (СУСЗ)** для синхронізації завдань і координації з офіційними диспетчерськими центрами;
- **Державними реєстрами та базами даних**, зокрема реєстрами будівель, захисних споруд та об'єктів критичної інфраструктури;
- **Національною системою оповіщення населення** для автоматизованої передачі сигналів тривоги;
- **ІоТ-сенсорами та носимими пристроями**, які можуть збирати дані про стан здоров'я волонтера чи параметри середовища (температуру, задимленість).

Такий підхід дозволить створити єдину цифрову екосистему цивільного захисту з безперервним обміном даними між підрозділами, волонтерами та органами влади.

## 5.2. Сильні сторони

**Геоінформаційний підхід.** RSP та платформа «Я – Доброволець» використовують геолокаційні дані та моделі часу доїзду, що дозволяє оптимально розподіляти ресурси.

**Мобілізація громадян.** Система «Я – Доброволець» об'єднує понад 2300 осіб у Львівській та Хмельницькій областях і може стати соціальною мережею для добровольців по всій Україні.

**Оперативний доступ до критичної інформації.** QRescue надає рятувальникам можливість отримувати плани будинку, інформацію про мешканців і комунікації за секунди, що скорочує час прийняття рішень.

**Гнучкість і масштабованість.** Використання мікросервісної архітектури, хмарних сервісів та REST API забезпечує можливість розгортання рішень на різних рівнях – від місцевого до національного.

**Підтримка користувачів.** Офіційні відгуки Дніпровського державного університету внутрішніх справ та Волинської обласної військової адміністрації підтверджують високу практичну цінність розробок і рекомендують їх пілотне впровадження та інтеграцію з існуючими системами управління.

## 5.3. Недоліки та виклики

**Неповна база даних для RSP.** Обмежена інформація про пожежні підрозділи за межами Львівської області стримує розвиток системи.

**Проблеми масштабування «Я – Доброволець».** Система потребує інтеграції з іншими відомствами, захисту персональних даних та стабільного фінансування.

**Законодавчі питання QRescue.** Необхідно врегулювати порядок збору та оброблення даних про мешканців, забезпечити кібербезпеку та відповідальність за оновлення інформації.

**Технічні й організаційні бар'єри для системи оповіщення.** Масове впровадження потребує вирішення питань сумісності з існуючими каналами зв'язку та навчання користувачів.

**Інформаційна безпека та доступ.** Системи містять плани будинків та особисті дані, що створює ризики несанкціонованого доступу; необхідно забезпечити шифрування, автентифікацію та, за потреби, обмежити доступ під час воєнного стану.

**Верифікація ініціатив і навчання.** Для запобігання псевдоініціативам і зловживанням персональними даними потрібно впровадити двофакторну автентифікацію, процедури верифікації та організувати навчання персоналу [5].

**Інтеграція з державними реєстрами та наповнення бази даних.** Експерти рекомендують інтегрувати QRescue з державними реєстрами для підтвердження даних та проводити публічні кампанії з наповнення бази; також необхідні фінансові ресурси для масштабування системи [5].

### Висновки

У дослідженні проаналізовано три інноваційні IT-системи, розроблені ЛДУ БЖД, які спрямовані на підвищення ефективності цивільного захисту. Система RSP дозволяє прогнозувати час реагування підрозділів і планувати розвиток добровільних пожежних формувань. Платформа «Я – Доброволець» створює безпекоорієнтовану соціальну мережу для координації волонтерів, забезпечує автоматичне оповіщення та навігацію. QRescue надає рятувальникам оперативний доступ до критично важливої інформації про будівлі, що суттєво скорочує час на прийняття рішень під час пожежі. Разом із багатоканальною системою оповіщення ці рішення формують основу цифрової екосистеми цивільного захисту.

Розвиток розглянутих проєктів, їх взаємна інтеграція та підтримка на рівні державних програм можуть забезпечити створення національної платформи реагування на надзвичайні ситуації. Отримані офіційні відгуки та експертні висновки підтверджують високу актуальність систем для практичної діяльності підрозділів цивільного захисту, але також наголошують на важливості захисту персональних даних, інтеграції з державними реєстрами, верифікації ініціатив та навчання користувачів. Впровадження таких систем сприятиме підвищенню стійкості громад, залученню населення до добровільної діяльності та збереженню людських життів у кризових умовах.

### Список використаних джерел

1. Бабенко, А.В. (2019). Інновації у сфері забезпечення безпеки: тенденції та перспективи. *Безпека та інновації*, 2(15), 34-45.
2. Гуменюк, О.М. (2020). Використання сучасних інформаційних технологій у реагуванні на надзвичайні ситуації. *Технологічні аспекти цивільного захисту*, 4(12), 56–64.
3. Ковальчук, В.О., Мельник, І.В. (2021). Роль науково-дослідних центрів у створенні безпечного середовища: міжнародний досвід. *Науковий вісник з безпеки життєдіяльності*, 3(10), 20-30.
4. Наказ МОН України №1156 (2022). Про впровадження інноваційних підходів у діяльність закладів вищої освіти.
5. Смірнов, Д.О. (2023). R&D-центри в Україні: аналіз ефективності та перспективи розвитку. *Економіка та управління науковими дослідженнями*, 6(18), 72-81.
6. Вінд, Й., Шенк, М. (2020). Agile methodologies for R&D in safety-critical environments. *Journal of Applied Research in Safety Science*, 12(5), 245-256.

### References

1. Volyn Regional Military Administration. (2025). Feedback on innovative systems of Lviv State University of Life Safety [Letter].
2. Zakarpattia Regional Military Administration. (2025). On the practical implementation of innovative developments [Letter].
3. Ivano-Frankivsk Regional Military Administration. (2025). Letter to the Lviv State University of Life Safety [Letter].
4. Dnipro State University of Internal Affairs. (n.d.). On the practical implementation of innovative developments [Letter].
5. Mahdalina, I. (2025). Expert opinion on the functionality and implementation of the QRescue critical data operational access system [Expert opinion]. Dnipro State University of Internal Affairs.
6. Mahdalina, I. (2025). Expert opinion on the functionality and implementation of the “I am a Volunteer” alert and response system [Expert opinion]. Dnipro State University of Internal Affairs.

## ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ ТА НАЗЕМНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ВНАСЛІДОК ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ ПРОТИ УКРАЇНИ

### Ігор ГЕТАЛО

начальник Управління організації роботи та використання безпілотних систем та робототехніки  
Державної служби України з надзвичайних ситуацій,  
getalo\_igor@ukr.net

### Дмитро ЯДЧЕНКО

заступник начальника Управління - начальник відділу безпілотних систем Управління організації роботи та використання безпілотних систем та робототехніки,  
dima\_yadchenko@ukr.net

### Ілля ЖИДЕНКО

доктор філософії, начальник кафедри безпілотних систем та робототехніки інституту післядипломної освіти Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
zhidenkoillya@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7219-0024

### Дмитро ДОБРЯК

головний фахівець відділу робототехніки Управління організації роботи та використання безпілотних систем та робототехніки,  
vdb211@ukr.net

### Владислав РУЖИН

викладач кафедри безпілотних систем та робототехніки інституту післядипломної освіти Львівського державного університету безпеки життєдіяльності,  
vladyslavruzhyn@gmail.com, ORCID: 0009-0002-5844-1186

**Мета дослідження:** проаналізувати сучасний стан застосування безпілотних літальних апаратів та наземних роботизованих комплексів у діяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України), визначити їхні можливості під час застосування надзвичайних ситуацій в умовах війни, проблеми та перспективи розвитку.

**Методи дослідження:** теоретичний аналіз практичного досвіду використання безпілотних літальних апаратів та наземних роботизованих комплексів структурних підрозділів ДСНС України, вивчення практичного досвіду, систематизація результатів застосування безпілотних систем.

**Результати:** обґрунтовано ефективність використання безпілотних літальних апаратів, наземних роботизованих та водних комплексів під час ліквідації надзвичайних ситуацій в умовах воєнних дій внаслідок збройної агресії російської федерації проти України.

**Теоретична цінність дослідження:** проведено аналіз застосування безпілотних літальних апаратів та наземних роботизованих комплексів у діяльності ДСНС України в умовах воєнних дій внаслідок збройної агресії російської федерації проти України та обґрунтовано їх роль у мінімізації ризиків для особового складу.

**Практична цінність дослідження:** результати дослідження можуть бути використані в теоретичній та практичній діяльності в підрозділах та навчальних закладах ДСНС України, органах державної влади, а також виробниками БС для подальшої інтеграції у сферу цивільного захисту.

**Оригінальність:** дослідження полягає в комплексному узагальненні практичного та теоретичного досвіду застосування безпілотних систем у реальних умовах надзвичайних ситуацій та у проведенні оцінки ефективності різних їх типів, які використовуються

підрозділами у діяльності ДСНС України у пошуково-рятувальних, аварійно-відновлювальних роботах та ліквідації надзвичайних ситуацій.

**Ключові слова:** безпілотні літальні апарати, безпілотні наземні роботизовані комплекси, безпілотні водні роботизовані комплекси, безпілотні надводні роботизовані комплекси, безпілотні водні роботизовані комплекси, безпілотні системи, надзвичайні ситуації, цивільний захист, робототехніка, пошуково-рятувальні роботи.

## **APPLICATION OF UNMANNED AERIAL AND GROUND ROBOTIC SYSTEMS DURING THE ELIMINATION OF THE CONSEQUENCES OF EMERGENCIES CAUSED BY THE ARMED AGGRESSION OF THE RUSSIAN FEDERATION AGAINST UKRAINE**

**Ihor HETALO**

Head of the Department for the Organization of Work and Use of Unmanned Systems and Robotics,  
State Emergency Service of Ukraine,  
getalo\_igor@ukr.net

**Dmytro YADCHENKO**

Deputy Head of the Department - Head of the Unmanned Systems Department of the Department  
for the Organization of Work and Use of Unmanned Systems and Robotics,  
dima\_yadchenko@ukr.net

**Illia ZHYDENKO**

PhD, Head of the Department of Unmanned Systems and Robotics, Institute of Postgraduate  
Education, Lviv State University of Life Safety,  
zhidenkoillya@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7219-0024

**Dmytro DOBRIAK**

Chief Specialist of the Robotics Department, Department of Organization of Work and Use of  
Unmanned Systems and Robotics,  
vdb211@ukr.net

**Vladyslav RUZHYN**

Lecturer of the Department of Unmanned Systems and Robotics, Institute of Postgraduate  
Education, Lviv State University of Life Safety,  
vladyslavruzhyn@gmail.com, ORCID: 0009-0002-5844-1186

**Purpose of the study:** to analyze the current state of the use of unmanned aerial vehicles (UAVs) and ground robotic systems in the activities of the State Emergency Service of Ukraine (SESU), to determine their capabilities during emergency response in wartime conditions, as well as the problems and prospects of their development.

**Research methods:** theoretical analysis of the practical experience of using UAVs and ground robotic systems in the structural units of the SESU, study of operational practice, and systematization of the results of the application of unmanned systems.

**Results:** the effectiveness of the use of UAVs, ground robotic systems, and waterborne robotic complexes during emergency response in the conditions of hostilities caused by the armed aggression of the Russian Federation against Ukraine has been substantiated.

**Theoretical value of the study:** an analysis of the application of UAVs and ground robotic systems in the activities of the SESU under wartime conditions has been carried out, and their role in minimizing risks to personnel has been justified.

**Practical value of the study:** the results of the research can be applied in both theoretical and practical activities of SESU units and educational institutions, as well as by government authorities and UAV/robotics manufacturers for further integration into the civil protection system.

**Originality:** the research lies in a comprehensive generalization of theoretical and practical experience of the use of unmanned systems in real emergency situations and in evaluating the effectiveness of various types of systems used by SESU units in search-and-rescue, recovery operations, and emergency response.

**Keywords:** unmanned aerial vehicles, unmanned ground robotic systems, unmanned surface robotic systems, unmanned underwater robotic systems, unmanned systems, emergencies, civil protection, robotics, search and rescue operations.

## Вступ

З початку повномасштабного вторгнення російської федерації в Україну у 2022 році перед органами та підрозділами ДСНС України постали безпрецедентні виклики. Масовані обстріли цивільної інфраструктури, застосування ракетних і авіаційних ударів, цілеспрямоване мінування великих територій та інші руйнівні наслідки воєнних дій спричинили виникнення нових загроз для системи цивільного захисту. У таких умовах постала необхідність оперативного впровадження нових технологічних рішень, які дозволяють знизити ризики для рятувальників і забезпечити ефективне реагування на надзвичайні ситуації різного характеру.

Одним із ключових напрямів такої модернізації стало активне застосування безпілотних систем (БПС) – авіаційних, наземних, водних та підводних. Їх використання дає змогу здійснювати оперативну розвідку територій, що постраждали внаслідок обстрілів, забезпечувати моніторинг осередків пожеж, проводити пошук і рятування постраждалих у завалах та важкодоступних місцях, проведення гуманітарного розмінування, а також контролювати стан гідротехнічних споруд. Завдяки цьому безпілотні системи стають невід’ємним інструментом у діяльності рятувальних підрозділів, дозволяючи мінімізувати загрози для життя і здоров’я особового складу.

Міжнародний досвід провідних країн, зокрема США, та держав Європейського Союзу, підтверджує ефективність широкого застосування безпілотних систем у сфері цивільного захисту. Вони успішно використовуються для ліквідації наслідків природних і техногенних катастроф, пошуку та евакуації постраждалих, моніторингу довкілля, оцінки масштабу руйнувань та прогнозування розвитку кризових ситуацій. Україна, інтегруючи ці практики, формує власну модель застосування безпілотних систем у кризових умовах, враховуючи специфіку ведення бойових дій на своїй території та потребу у швидкому реагуванні на загрози.

Таким чином, поєднання накопиченого міжнародного досвіду та власних практичних напрацювань забезпечує основу для формування нових стандартів реагування на надзвичайні ситуації із застосуванням безпілотних систем. Це відкриває перспективи подальшого розвитку даного напрямку в діяльності ДСНС України та створює умови для підвищення рівня безпеки населення і захищеності критичної інфраструктури в умовах воєнних загроз.

## Постановка проблеми

Сучасні умови функціонування Державної служби з надзвичайних ситуацій України визначаються безпрецедентним зростанням кількості та масштабів надзвичайних ситуацій, значна частина яких безпосередньо пов’язана з воєнними діями. Масовані ракетні та авіаційні удари, пошкодження об’єктів критичної та цивільної інфраструктури, мінування територій та цілеспрямовані диверсійні акти що призводять до травмування та загибелі цивільного населення формують новий спектр загроз, що потребує пропорційного підвищення можливості ефективного реагування на них. У таких умовах традиційні підходи до організації аварійно-рятувальних робіт та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій виявляються недостатніми. Розв’язання таких проблем неможливе без впровадження новітніх технологій в повсякденну роботу органів та підрозділів служби цивільного захисту, зокрема використання безпілотних систем.

До основних проблем, які ускладнюють ефективне реагування органів та підрозділів цивільного захисту, належать:

– відсутність централізованої системи забезпечення сучасними безпілотними системами;  
– технічні обмеження в умовах активного застосування засобів радіоелектронної боротьби противника (РЕБ), які суттєво знижують ефективність роботи безпілотних апаратів і вимагають пошуку нових технічних рішень;

– нестача нормативно-правового регулювання та відсутність єдиних стандартів застосування БПС у надзвичайних ситуаціях, що гальмує їх інтеграцію в офіційні процедури реагування та знижує ефективність взаємодії між різними структурами.

Розв'язання зазначених проблем є неможливим без активного впровадження новітніх технологій безпілотних систем у повсякденну діяльність органів і підрозділів цивільного захисту.

### **Мета досліджень**

Метою даного дослідження є комплексне узагальнення та систематизація наявного досвіду використання безпілотних літальних та наземних роботизованих систем під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, що виникли в умовах збройної агресії російської федерації проти України. Дослідження також спрямоване на визначення потенціалу та перспектив подальшого розвитку таких систем у діяльності ДСНС України, що дозволяє підвищити ефективність оперативних дій і знизити ризики для особового складу.

### **Результати досліджень**

Ефективність застосування безпілотних систем у діяльності органів та підрозділів ДСНС України безпосередньо залежить від рівня підготовки операторів, здатних планувати та реалізовувати завдання під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, що виникли внаслідок ворожих обстрілів. З огляду на зростаючі потреби у кваліфікованих кадрах, особлива увага приділяється організації цілісної системи підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації фахівців у цій сфері.

У навчальних закладах ДСНС України створено спеціалізовані кафедри безпілотних систем та робототехніки, які здійснюють підготовку фахівців у галузі безпілотних технологій. Програми навчання передбачають вивчення технічних характеристик та експлуатаційних можливостей різних типів БпЛА і безпілотних наземних роботизованих комплексів в складних умовах сьогодення, а також заходів безпеки при їх застосуванні.



**Рисунок 1** – Проведення навчально-тренувальних зборів

Для забезпечення ефективної та безпечної експлуатації безпілотних літальних авіаційних комплексів, наземних роботизованих систем, а також безпілотних надводних та підводних комплексів, отриманих як від українських виробників, так і від міжнародних партнерів, у ДСНС України регулярно організуються практичні навчальні збори фахівців безпілотних систем.

Основна мета таких заходів полягає у відпрацюванні взаємодії між операторами різних типів БПС та у формуванні навичок, необхідних для управління ними в умовах, максимально наближених до реальних. Під час тренінгів фахівці мають можливість ознайомитися з особливостями роботи сучасних безпілотних комплексів, обмінятися досвідом та відпрацювати алгоритми дій у різних надзвичайних ситуаціях, що значно підвищує оперативну готовність підрозділів.

Практичні збори також сприяють інтеграції нових технологічних рішень та інноваційних підходів у діяльність ДСНС України, що дозволяє не лише підтримувати високий рівень кваліфікації операторів, а й забезпечувати ефективне реагування на надзвичайні ситуації різного масштабу. Таким чином, систематичне проведення навчальних зборів є невід’ємною складовою підготовки фахівців безпілотних систем ДСНС України.

Станом на 2025 рік в Україні організовано навчання: 1490 зовнішніх пілотів - операторів, 60 зовнішніх пілотів – інструкторів безпілотних авіаційних комплексів, 94 операторів безпілотних наземних роботизованих комплексів, 38 операторів безпілотних водних плаваючих комплексів .



Рисунок 2 – Проведення навчально-тренувальних зборів

Використання безпілотних авіаційних комплексів у сфері цивільного захисту продемонстрували високу ефективність у виконанні завдань під час ліквідації надзвичайних ситуацій, де неможливо або економічно не вигідно застосовувати авіацію та інші наявні сили і засоби, зокрема для:

- розвідки районів, зон, ділянок, об’єктів проведення робіт з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації;
- визначення та локалізацію зони надзвичайної ситуації;
- виявлення та позначення районів, які зазнали радіоактивного, хімічного забруднення чи біологічного зараження (крім районів бойових дій);
- прогнозування зони можливого поширення надзвичайної ситуації та масштабів можливих наслідків;
- пошуку постраждалих, роботи з евакуації або відселення постраждалих;
- здійснення у межах повноважень, визначених законом, заходів протимінної діяльності;
- санітарної обробки населення та спеціальної обробки одягу, техніки, обладнання, засобів захисту, будівель, споруд і територій, які зазнали радіоактивного, хімічного забруднення чи біологічного зараження;
- запровадження обмежувальних заходів, обсервації та карантину;
- при забезпеченні громадського порядку в зоні надзвичайної ситуації;
- відновлення роботи пошкоджених об’єктів життєзабезпечення населення, транспорту і зв’язку.

Використання безпілотних літальних апаратів (БпЛА), наземних роботизованих платформ, а також надводних і підводних комплексів дозволяє значно розширити можливості рятувальних підрозділів під час проведення розвідки територій, зон ураження та об’єктів, де здійснюються заходи з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Застосування БпЛА дає змогу здійснювати аеророзвідку великих територій у найкоротші терміни, що особливо актуально в умовах руйнування критичної та цивільної інфраструктури. Високоточна фото- та відеофіксація з повітря забезпечує отримання актуальної інформації про масштаби руйнувань, наявність вогнищ пожеж, підтоплень, небезпечних хімічних чи радіаційних викидів. Ведення прямої трансляції з місця ліквідації надзвичайної ситуації до штабу ліквідації НС у режимі реального часу дає змогу безпосередньо спостерігати за розвитком подій, отримувати візуальну інформацію без затримки та швидко ухвалювати обґрунтовані управлінські рішення. Завдяки такій технології мінімізується ризик спотворення або затримки інформації, що особливо важливо в умовах, які постійно змінюються.

Використання прямої трансляції дає можливість:

- оперативного інформування штабу про реальну обстановку на місці подій;
- можливість швидко вносити зміни до плану залучення оперативно-рятувальних підрозділів та вносити корективи до маршруту слідування підрозділів;
- підвищення безпеки особового складу шляхом уникнення непередбачуваних загроз;
- забезпечення ефективної координації між різними службами, які залучені до ліквідації наслідків;
- можливість архівування фото та відео для подальшого аналізу дій та розробки методичних рекомендацій.

Особливо важливим напрямом є застосування безпілотних літальних апаратів під час проведення розвідки зруйнованих будівель та пошуку людей під завалами. Завдяки використанню тепловізійних камер, встановлених на безпілотних літальних апаратах, фахівці ДСНС України отримують можливість оперативно виявляти джерела тепла, що вказує на ймовірне перебування людей під завалами. Це суттєво скорочує час на проведення пошуково-рятувальних операцій та підвищує шанси на порятунок.



**Рисунок 3** – Обстеження пошкодженого будинку внаслідок обстрілу за допомогою безпілотного літального апарату з використанням тепловізійної камери

У сучасних умовах ведення бойових дій, коли велика кількість об'єктів критичної та цивільної інфраструктури зазнає руйнувань, особливого значення набуває використання FPV-дронів (First Person View) під час проведення аварійно-рятувальних робіт. Вони поєднують в собі високу мобільність, компактність та можливість виконання польотів у складних умовах.

Серед підрозділів ДСНС України найбільш розповсюдженим FPV-дроном є DJI Avata. Завдяки невеликим розмірам, захищеним пропелерам та здатності працювати в обмежених просторах, DJI Avata може використовуватися для детального обстеження внутрішніх приміщень зруйнованих будівель, завалів та інших об'єктів.

Основними завданнями, які вирішуються за допомогою DJI Avata під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, є:

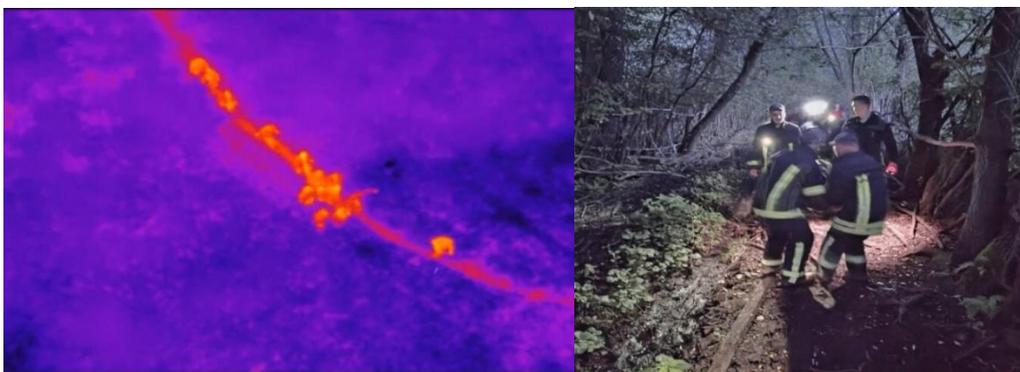
- первинне обстеження зруйнованих будівель для визначення масштабів пошкоджень;
- пошук можливих осередків пожеж всередині зруйнованих будівель;
- виявлення постраждалих у завалах, особливо у важкодоступних місцях;
- оцінка стійкості конструкцій перед проведенням аварійно-рятувальних робіт;

–передача відеоінформації у реальному часі для координації дій рятувальних підрозділів.



**Рисунок 4** – Проведення розвідки всередині зруйнованих будівель за допомогою DJI Avata

Пошуково-рятувальні операції із застосуванням безпілотних систем проводяться в різноманітних умовах – у гірській, лісовій, рівнинній місцевості та на воді. Безпілотні апарати здійснюють авіаційний пошук зниклих осіб, а також супровід рятувальних груп і контроль виконання операції загалом.



**Рисунок 5** – Коригування маршруту оперативно-рятувальної групи за допомогою безпілотного літального апарату з використанням тепловізійної камери

Під час ліквідації масштабних пожеж, спричинених ворожими обстрілами об'єктів критичної інфраструктури, безпілотні системи використовуються для моніторингу поширення полум'я, визначення напрямків його розповсюдження та осередків займання.

14 лютого 2025 року 02:08 ДСП ЧАЕС внаслідок влучання ворожого безпілотного літального апарата (Герань-2) у комплекс “Укриття-2” виникло загорання мембрани на висоті 87 м між металевим покриттям та утеплювачем. Відбулося розповсюдження тління мембрани під металевим покриттям.



**Рисунок 6** – Влучання ворожого безпілотного літального апарата (Герань - 2) у комплекс “Укриття-2”

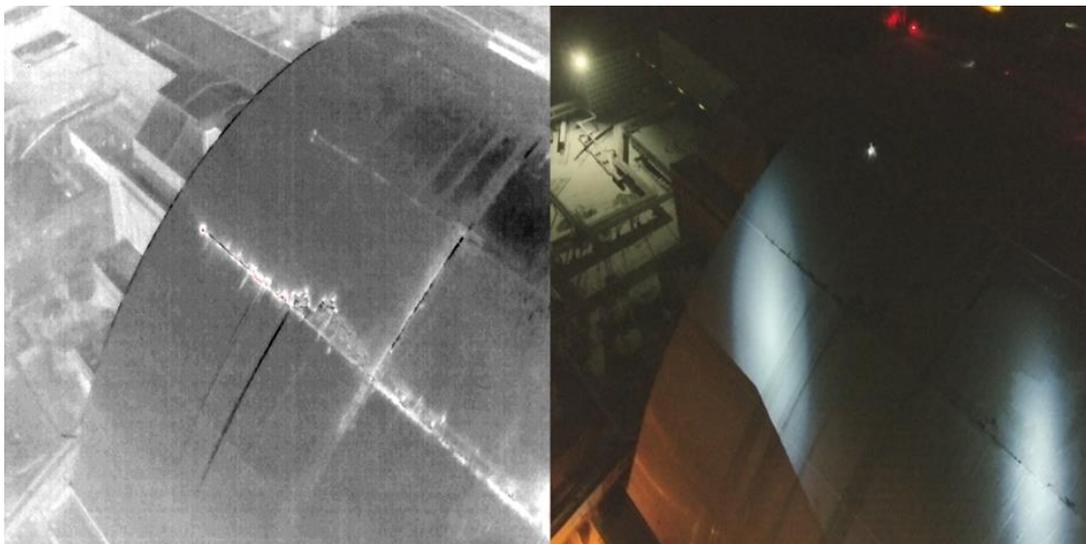


Рисунок 7 – Проведення розвідки та моніторинг розвитку пожежі

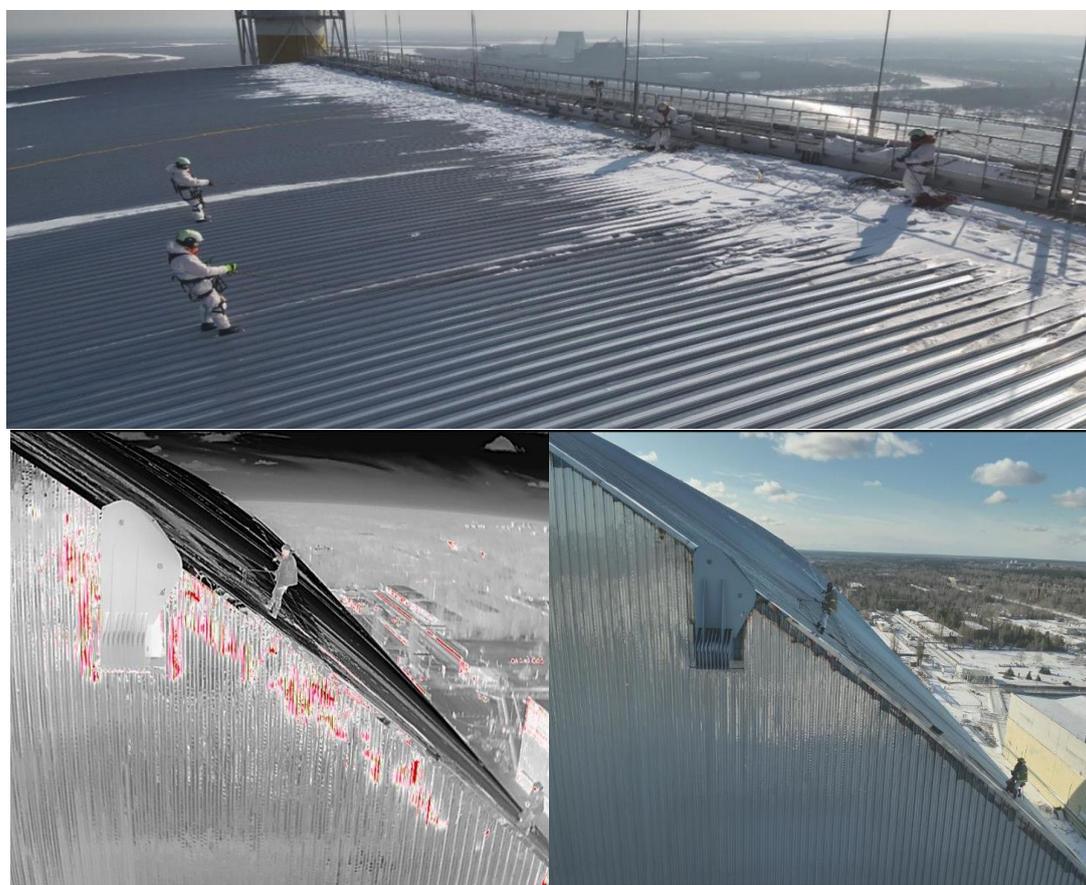


Рисунок 8 – Виявлення прихованих осередків пожежі за допомогою тепловізійної камери та коригування роботи рятувальників

В умовах збройної агресії російської федерації проти України значних масштабів набули пожежі в екосистемах, які виникають внаслідок артилерійських та ракетних обстрілів, авіаційних ударів та детонації боєприпасів. Такі пожежі мають надзвичайно високий рівень небезпеки, оскільки поширюються на великі території, часто охоплюють ліси, торфовища, сільськогосподарські угіддя та інші природні комплекси. Наявність мінної небезпеки та вибухонебезпечних предметів робить гасіння вкрай ризикованими для особового складу ДСНС України.

У цих умовах застосування безпілотних літальних апаратів забезпечує оперативне отримання інформації про масштаби та динаміку розвитку пожежі. Використання безпілотних

систем обладнаних тепловізійними камерами, під час ліквідації пожеж в екосистемах дає можливість:

- визначити координати зони пожежі та адміністративно-господарську належність території;
- оцінити площу горіння, вид та інтенсивність пожежі;
- виявити наявність природних перешкод для поширення вогню;
- розвідати особливості рослинності лісу, рельєф місцевості, водні джерела;
- коригувати дії пожежно-рятувальних підрозділів у реальному часі та визначення маршрутів відходу у разі небезпеки.



**Рисунок 9** – Розвідка осередку пожежі в лісі за допомогою безпілотних літальних апаратів з тепловізійною камерою

Наземні роботизовані комплекси активно застосовуються під час ліквідації надзвичайних ситуацій, де існує загроза небезпечних факторів пожежі, а також наявність вибухонебезпечних предметів або токсичних речовин, що може призвести до руйнування конструкцій. У випадках повторних ракетних ударів по місцю ліквідації НС безпілотні системи забезпечують продовження рятувальних робіт, перебуваючи в зоні ураження, тоді як особовий склад може залишатися в укритті. Таким чином використання безпілотних наземних роботизованих комплексів є важливою складовою в забезпеченні безпеки особового складу підрозділів ДСНС України. Роботизовані комплекси дозволяють дистанційно обстежувати зону ліквідації надзвичайної ситуації, використовуючи спеціальне обладнання для виявлення осередків пожеж, вибухонебезпечних предметів тощо.



**Рисунок 10** – Гасіння пожежі внаслідок ворожого обстрілу за допомогою безпілотного наземного роботизованого комплексу Magirus AirCore TAF35C

Під час ліквідації надзвичайних ситуацій свою високу ефективність показав безпілотний наземний роботизований комплекс LUF CRV, який неодноразово залучався для розчищення території для проїзду інженерної техніки.



**Рисунок 11** – Розчищення території біля житлового будинку для проїзду інженерної техніки за допомогою безпілотного наземного роботизованого комплексу LUF-CRV

Державна служба України з надзвичайних ситуацій веде активну роботу щодо налагодження співпраці з українськими виробниками безпілотних систем. Така взаємодія дозволяє враховувати потреби рятувальників, адаптувати технічні рішення до умов експлуатації в Україні та забезпечувати незалежність від іноземних постачальників. Одним із прикладів такої співпраці є створення та використання безпілотного наземного роботизованого комплексу пожежогасіння «ЗМІЙ». Комплекс розроблений українськими фахівцями з урахуванням потреб ДСНС України та активно залучається до виконання завдань із ліквідації надзвичайних ситуацій.



**Рисунок 12** – Застосування безпілотних наземних роботизованих комплексів Українського виробництва для ліквідації надзвичайних ситуацій, спричинених збройною агресією

Синхронізація, координація і тактика сумісної роботи безпілотних наземних роботизованих комплексів і безпілотних літальних авіаційних комплексів є важливою складовою для забезпечення ефективної ліквідації надзвичайних ситуацій. Працюючи скоординовано, системи дозволяють забезпечити максимальну ефективність реагування та зменшити ризики для особового складу.



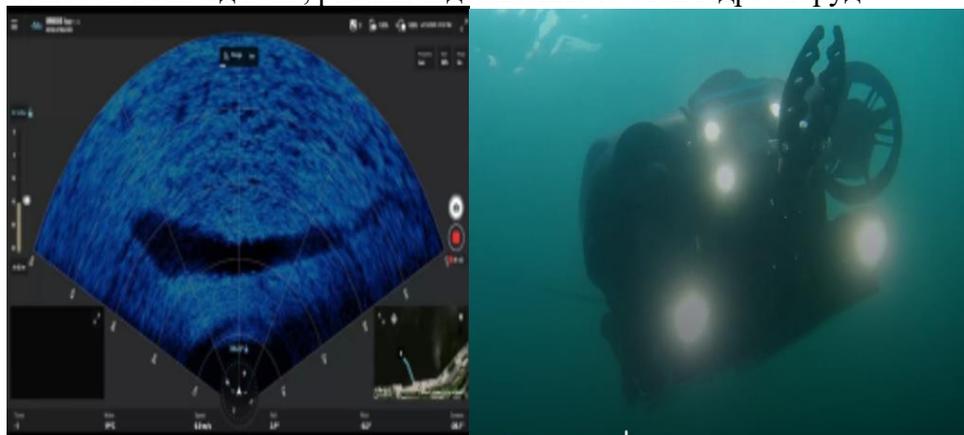
**Рисунок 13** – Синхронізована робота безпілотних наземних роботизованих комплексів і безпілотних літальних авіаційних комплексів

Безпілотні системи активно застосовуються під час роботи з вибухонебезпечними предметами. Вони дають змогу проводити дистанційне нетехнічне обстеження територій, потенційно забруднених вибухонебезпечними предметами, ідентифікувати предмети та ініціювати підрив без прямого наближення піротехнічних підрозділів. Це мінімізує загрозу для життя особового складу.



**Рисунок 14** – Використання безпілотних систем для проведення розвідки на наявність вибухонебезпечних предметів

Безпілотні водні плаваючі комплекси (надводні, підводні) активно застосовуються для проведення пошуково-рятувальних робіт у складних умовах, зокрема в акваторіях з обмеженою видимістю або небезпечними для водолазів факторами. Підводні безпілотні системи зі спеціальним обладнанням дозволяють виконувати пошук затонулих об'єктів або людей, виявляти предмети, що можуть становити небезпеку для судноплавства. В умовах руйнування дамб чи мостових конструкцій під час бойових дій надводні (підводні) роботизовані платформи залучаються до обстеження місць ліквідації надзвичайних ситуацій, що дає змогу оперативно визначати масштаби пошкоджень, ризики підтоплення та стан гідроспоруд.



**Рисунок 15** – Пошуково-рятувальні роботи за допомогою безпілотних водних плаваючих комплексів (надводних, підводних)

### **Висновок**

Узагальнюючи результати дослідження, можна стверджувати, що безпілотні системи – літальні, наземні та водні – стали важливим і незамінним елементом діяльності ДСНС України у складних умовах збройної агресії російської федерації. Їх застосування забезпечує якісно новий рівень оперативності та безпеки під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, дозволяє своєчасно отримувати достовірну інформацію, здійснювати розвідку та моніторинг у небезпечних умовах, виявляти постраждалих і координувати дії підрозділів у режимі реального часу. Практика підтвердила, що використання безпілотних літальних апаратів та безпілотних наземних роботизованих комплексів істотно знижує ризики для особового складу, забезпечує безперервність рятувальних робіт навіть у зонах повторних обстрілів та сприяє ефективнішій взаємодії з різними службами.

Таким чином, впровадження та вдосконалення безпілотних технологій є не лише тактичним завданням для підрозділів ДСНС України, а й стратегічним напрямом зміцнення національної системи цивільного захисту. Подальший розвиток цього напрямку сприятиме підвищенню рівня безпеки населення, захищеності критичної інфраструктури та стійкості держави до воєнних і післявоєнних викликів.

### **Список використаних джерел**

1. Запобігання надзвичайним ситуаціям та їх ліквідація: матеріали круглого столу (вебінару), 23 лютого 2022 р., Харків / ДСНС України, Національний університет цивільного захисту України. Харків: НУЦЗУ, 2022. 232 с.
2. Особливості застосування безпілотних літальних апаратів органами та підрозділами поліції: методичні рекомендації. Київ: МВС України, 2023. 46 с.

### **References**

1. State Emergency Service of Ukraine, & National University of Civil Protection of Ukraine. (2022). Prevention of emergencies and their elimination: Materials of the round table (webinar), February 23, 2022, Kharkiv. NUCPU.
2. Ministry of Internal Affairs of Ukraine. (2023). Features of the use of unmanned aerial vehicles by police authorities and units: Methodological recommendations.

## ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ В СИСТЕМІ ОПОВІЩЕННЯ НАСЕЛЕННЯ ПРО НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

**Василь ЗАВОДЮК**

начальник Управління оповіщення та цифрового розвитку  
Державної служби України з надзвичайних ситуацій України,

**Назарій БУРАК**

кандидат технічних наук, доцент, начальник кафедри інформаційних технологій та систем електронних комунікацій Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, n.burak@dsns.gov.ua, ORCID: 0000-0002-3880-4077

**Орест ШОПСЬКИЙ**

ад'юнкт докторантури/ад'юнктури Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, o.shopskyi@dsns.gov.ua, ORCID: 0009-0000-1761-6643

**Мета дослідження:** проаналізувати сучасні інноваційні рішення у системі оповіщення населення про надзвичайні ситуації в Україні в умовах воєнного стану, порівняти їх з міжнародними практиками та оцінити ефективність впроваджених технологій оповіщення. Дослідження має на меті виявити переваги, недоліки та перспективи розвитку цифрових каналів оповіщення (мобільні додатки, Cell Broadcast, чатботи тощо) у порівнянні з традиційними методами (сирени, радіо, телебачення) в контексті підвищених вимог до швидкого і надійного інформування населення під час війни.

**Методи дослідження:** застосовано методи аналізу і синтезу науково-технічної літератури, нормативно-правових документів та відкритих даних щодо систем оповіщення. Проведено порівняльний аналіз міжнародних стандартів і систем оповіщення (CAP, Cell Broadcast, EU-Alert, IPAWS) та їх реалізацій.

**Результати:** визначено, що в умовах війни в Україні відбулася прискорена цифровізація системи оповіщення: поруч із традиційними сиренами впроваджено багатоканальну систему, яка включає мобільні застосунки, повідомлення Cell Broadcast, чатботи в месенджерах, хмарні сервіси сповіщень та інші інноваційні рішення. Згідно з емпіричними даними, своєчасне попередження здатне зменшити кількість жертв серед цивільних на 35–45%, що підкреслює надзвичайну важливість ефективної системи оповіщення.

**Теоретична цінність дослідження:** у теоретичному аспекті робота узагальнює сучасний світовий досвід у сфері систем раннього оповіщення населення. Проаналізовано міжнародні стандарти (CAP, 3GPP/ETSI для Cell Broadcast, інші) та їх реалізацію в різних країнах, що дозволяє глибше зрозуміти принципи побудови стійких багатоканальних систем оповіщення. Дослідження вносить вклад у наукову дискусію щодо цифрової трансформації цивільного захисту, зокрема демонструє, як новітні IT-рішення можуть доповнювати і підсилювати традиційні підходи.

**Оригінальність:** виконано комплексний аналіз рішень, реалізованих в умовах повномасштабної війни щодо оперативного оновлення та цифровізації систем оповіщення, систематизовано досвід використання волонтерських IT-ініціатив (мобільних застосунків, чатботів, онлайн-карт) у доповнення до державної системи оповіщення. Робота поєднує глобальний погляд (через призму міжнародних стандартів і практик) та локальний контекст України, що дозволило виявити унікальні аспекти подолання ризиків в умовах війни.

**Практична цінність:** практичні результати роботи можуть бути використані органами влади та підрозділами цивільного захисту ДСНС України для вдосконалення існуючої системи оповіщення. Зокрема, на основі аналізу запропоновано рекомендації щодо інтеграції державних і волонтерських каналів оповіщення в єдину координаційну систему, що дозволить підвищити оперативність і надійність доведення сигналів про небезпеку до населення.

**Ключові слова:** цивільний захист, електронні комунікаційні системи, системи оповіщення, зв'язок, воєнні загрози.

## INNOVATIVE SOLUTIONS IN THE SYSTEM OF ALERTING THE POPULATION ABOUT EMERGENCIES IN CONDITIONS OF MARTIAL LAW

**Vasyl ZAVODYUK**

Head of the Department of Public Information and Digital Development,  
State Emergency Service of Ukraine,

**Nazarii BURAK**

Ph.D., Associate Professor, Head of the Department of Information Technologies and Electronic Communications Systems, Lviv State University of Life Safety,  
n.burak@dsns.gov.ua, ORCID: 0000-0002-3880-4077

**Orest SHOPSKYI**

Adjunct, Lviv State University of Life Safety,  
o.shopskyi@dsns.gov.ua, ORCID: 0009-0000-1761-6643

**Purpose:** this research is intended to examine contemporary innovative solutions in Ukraine's public emergency alert system under the conditions of martial law. Particular attention is given to a comparative assessment of these solutions against established international practices, with the aim of evaluating the overall effectiveness of the technologies currently deployed. The study further seeks to highlight the advantages, shortcomings, and potential trajectories for the development of digital alerting channels (including mobile applications, Cell Broadcast, and chatbots) in comparison with traditional methods (such as sirens, radio, and television), especially in light of the increased demand for rapid and reliable public notification during wartime.

**Method:** the methodological framework of this study is based on the analysis and synthesis of scientific and technical literature, regulatory frameworks, and open-source data pertaining to emergency alert systems. In addition, a comparative analysis has been undertaken of international standards and systems (CAP, Cell Broadcast, EU-Alert, IPAWS), with an emphasis on their design principles and practical implementation.

**Results:** the findings indicate that, under wartime conditions in Ukraine, the process of digitalizing the public alert system has been significantly accelerated. Alongside traditional sirens, a multichannel alerting infrastructure has been deployed, incorporating mobile applications, Cell Broadcast messaging, chatbots within messaging platforms, cloud-based notification services, and other innovative solutions. According to empirical data, timely alerts can reduce civilian casualties by 35-45%, underscoring the critical importance of maintaining an effective and reliable warning system.

**Theoretical significance:** from a theoretical perspective, this study synthesizes contemporary global experience in the field of early warning systems. International standards (such as CAP and 3GPP/ETSI for Cell Broadcast, among others) and their implementation across various countries are analyzed, providing a deeper understanding of the principles underlying resilient multichannel alert architectures. The research contributes to the broader academic discourse on the digital transformation of civil protection, particularly by illustrating how modern IT solutions can complement and enhance traditional approaches.

**Practical implications:** the practical outcomes of this research may be applied by government authorities and civil protection units of the State Emergency Service of Ukraine (SESU) to improve the existing alerting framework. Based on the conducted analysis, recommendations are proposed for the integration of state-operated and volunteer-driven alert channels into a unified coordination system. Such integration is expected to enhance both the timeliness and reliability of delivering hazard warnings to the population.

**Originality:** this work offers a comprehensive analysis of measures implemented during full-scale war to modernize and digitize Ukraine's alerting systems. It systematizes the experience of integrating volunteer-driven IT initiatives (including mobile applications, chatbots, and online maps) as a complement to the state-operated alerting framework. By combining a global outlook-through the lens of international standards and best practices-with the local Ukrainian context, the study identifies unique aspects of risk mitigation and resilience-building under wartime conditions.

**Keywords:** civil protection, electronic communication systems, alerting systems, communications, wartime threats.

## Вступ

Повномасштабне військове вторгнення в Україну 2022 року різко загострило вимоги до системи цивільного захисту держави (далі – ЦЗ) щодо оперативного інформування населення про небезпеки. Від швидкості та достовірності попередження нерідко залежить життя людей. Традиційна система централізованого оповіщення, успадкована з радянських часів, базувалася переважно на електромеханічних сиренах, а також радіо- та телевізійному мовленні. У мирний час така система вважалася достатньою, проте, як показав досвід перших днів військової агресії, її обмеження стали критичними. На початку повномасштабної агресії Росії проти України (лютий 2022 р.) стало очевидним, що традиційні канали оповіщення не справляються з новими викликами. У перші дні вторгнення в окремих регіонах не вдалося своєчасно увімкнути сирени, що призвело до небезпечної інформаційної паузи. Крім того, масовані ракетні удари та кібератаки по енергетичній інфраструктурі восени 2022 року продемонстрували вразливість стаціонарної мережі сирен: через відключення електроенергії значна їх частина не спрацювала.

За словами керівника Ajax Systems В. Гриценка, з початком масованих обстрілів стало очевидно, що «архаїчна система сирен України не відповідає своєму завданню», оскільки значна частина обладнання фізично зношена, а охоплення сигналом є неповним і фрагментарним: нові житлові масиви, віддалені села та містечка нерідко залишалися поза зоною чутності сирен [28]. До того ж молодше покоління все рідше користується радіо чи телевізором для отримання інформації, а керування сиренами здійснюється вручну черговими, часто літнього віку.

Усе це створило нагальну потребу в модернізації системи оповіщення, інтеграції сучасних технологій та розширенні каналів інформування населення.

## Постановка проблеми

Війна стала потужним каталізатором інновацій у сфері оповіщення населення. Відбулася фактично її еволюція – від сирен на дахах заводів до сповіщень у кишені кожного громадянина. Проте такі зміни несуть і нові виклики: постало питання координації офіційних і неофіційних джерел оповіщення, підтримання довіри до повідомлень, забезпечення охоплення вразливих груп (наприклад, людей похилого віку без смартфонів), які потребують оперативного вирішення.

**Мета дослідження** – проаналізувати сучасні інноваційні рішення у системі оповіщення населення про надзвичайні ситуації в умовах воєнного стану, порівняти їх з міжнародними практиками та оцінити ефективність впроваджених технологій оповіщення. А також виявити переваги, недоліки та перспективи розвитку цифрових каналів оповіщення (мобільні додатки, Cell Broadcast, чатботи тощо) у порівнянні з традиційними методами (сирени, радіо, телебачення) в контексті підвищених вимог до швидкого і надійного інформування населення під час війни.

## Методологія дослідження

Застосовано методи аналізу і синтезу науково-технічної літератури, нормативно-правових документів та відкритих даних щодо систем оповіщення. Проведено порівняльний аналіз міжнародних стандартів і систем оповіщення (CAP, Cell Broadcast, EU-Alert, IPAWS) та їх реалізацій. Вивчено досвід впровадження нових рішень в Україні.

## Результати

### Загрози та трансформація системи ЦЗ під час війни

Події лютого 2022 року кардинально змінили характер загроз для населення і традиційні підходи до цивільного захисту в Україні. Постійні ракетні та безпілотні удари створюють необхідність надшвидкої дії систем оповіщення населення. Як зазначають експерти, нинішня українська система – одна з найсучасніших у світі з автоматизованого оповіщення населення [14]. Це стало наслідком поєднання військових і цивільних загроз: від тривог про наближення авіабомб і ракет до хімічних, радіаційних чи техногенних аварій.

Перед початком війни система оповіщення населення України мала ряд системних проблем, які могли суттєво знизити ефективність доведення сигналів небезпеки в умовах масових загроз. З-поміж основних можна виділити такі:

1. **Застаріла інфраструктура сирен.** Близько 70% стаціонарних електросирен – виробництва 1960-1970-х років. Вони потребували модернізації або заміни, багато де не працювали через несправність чи відсутність належного технічного обслуговування. Покриття території сиренами було вкрай нерівномірним: якщо у великих містах (Київ, обласні центри) мережа сирен ще більш-менш функціонувала, то у сільській місцевості та новобудовах сигналу часто не було чути [17]. Тобто, значна частина населення ризикувала просто не почути попередження про небезпеку.

2. **Залежність від електроенергії.** Сирени старого зразка живляться від мережі 220/380 В і не мають автономних джерел живлення. Це означає, що у разі знеструмлення (що і сталося внаслідок російських ударів по енергосистемі) вони мовчать [18]. В умовах війни ворог цілеспрямовано бив по критичній інфраструктурі, і на осінь 2022 року регулярні відключення електрики стали новою реальністю. Як наслідок, виник ризик, що саме тоді, коли повітряна тривога найбільш ймовірна (масований обстріл), сирени можуть не спрацювати через відсутність струму. Це є критичною вразливістю.

3. **Низька оперативність традиційного оповіщення.** Наявні процедури оповіщення були розраховані на мирний час: про радіаційну чи хімічну аварію населення повідомлялось по радіо чи телебаченню. Проте, щоб таким чином оповістити, потрібен час. У випадку ракетного удару час реакції вимірюється хвилинами чи секундами. Також, малий відсоток населення постійно тримають увімкненим ефірне мовлення. Тому використовувати лише радіо та телебачення було неефективно. Практика початку війни показала, що соцмережі та месенджери часто спрацьовували швидше: інформація про загрозу з'являлася в Telegram-каналах раніше за офіційні оголошення сиренами чи по радіо, через що частина населення більше довіряла саме неофіційним каналам [17]. Це створювало проблему розрізненості інформаційних потоків.

4. **Відсутність інтегрованої цифрової системи до 2022 р.** Роботи над впровадженням Cell Broadcast в Україні почались у 2021 році, проте на момент вторгнення система ще не працювала [16]. Не було єдиного державного мобільного застосунку для сповіщень чи SMS-системи оповіщення. Тобто, держава не мала прямого каналу на смартфон громадянина, окрім як через старі методи (сирена, новини на сайтах чи в соцмережах).

5. **Виклики воєнного часу.** Війна привнесла фактори, раніше не критичні: масовані одночасні загрози по всій країні, необхідність часто оголошувати тривогу на дуже великій території (напр. вся Україна при запуску “Кинджалів” з МіГ-31 [16]), потреба оперативно доводити не тільки факт загрози, а й деталі (тип ракети, напрям руху, орієнтовний район влучання), для розуміння рівня небезпеки. Традиційна система на такі вимоги не була розрахована. На основі цього виник феномен волонтерських моніторингових каналів – коли представники військових чи ІТ-працівників в реальному часі відстежують радіоперехоплення, повідомлення ППО і публікують деталі. Мільйони українців почали паралельно з офіційною каналами звертатися до таких джерел за додатковою інформацією [16].

Таким чином, постала проблема: у стислі терміни перебудувати систему оповіщення під нові умови, інтегрувавши максимум технологічних можливостей та мінімізувавши ризики несинхронності та недовіри. Ці виклики вимагали негайної трансформації системи

оповіщення – переходу до цифрових каналів, автоматизації та інтеграції різних засобів оповіщення. Сучасна система оповіщення повинна враховувати: забезпечувати масове охоплення населення сигналом тривоги (кожна людина, де б вона не була, має отримати попередження); – швидкості передачі (секунди); – надійності (резервні канали передачі сигналів про небезпеку); – єдності інформації (відповідність інформації в офіційних і альтернативних каналах); – доступності для різних груп (смартфони, радіо чи інші засоби, спеціалізовані повідомлення і пристрої).

#### **Сучасні світові підходи до оповіщення (Cell Broadcast, CAP, IPAWS, EU-Alert тощо)**

У міжнародній практиці сформувалися стандартизовані підходи до масового оповіщення населення про надзвичайні ситуації. Одним з ключових є впровадження єдиного протоколу оповіщення – CAP (Common Alerting Protocol). CAP – це міжнародний стандарт форматування екстрених сповіщень, розроблений організацією OASIS та затверджений Міжнародним союзом електрозв'язку (ITU). Його використання дає змогу однаково кодувати повідомлення про різні загрози (природні, техногенні, воєнні тощо) і розповсюджувати одне повідомлення синхронно по різних каналах. Сьогодні понад 91% населення світу проживає в країнах, що впровадили CAP, тобто практично всі провідні держави використовують цей стандарт. Використання CAP спрощує та прискорює доведення інформації: замість окремого сповіщення через кожен канал (телебачення, радіо, SMS тощо) уповноважений орган формує одне повідомлення CAP, яке автоматично транслюється через усі доступні мережі (мобільний зв'язок, сирени, інтернет-сервіси, тощо) [21]. Це мінімізує затримки та помилки і забезпечує єдність інформації для населення.

Іншим ключовим компонентом сучасних систем оповіщення є використання технології Cell Broadcast (далі – CB) на мобільних мережах. Cell Broadcast – це функція стільникового зв'язку, що дозволяє надсилати короткі текстові повідомлення на всі телефони в межах певної зони (комірки) мережі [5, 25]. На відміну від звичайних SMS, що надсилаються окремо кожному номеру (point-to-point), Cell Broadcast виконує одночасну геотаргетовану розсилку і не перевантажує мережу навіть при мільйонах одержувачів. Ця технологія зарекомендувала себе як оптимальна для екстрених оповіщень, оскільки забезпечує доставку сигналу тривоги протягом секунд практично всім абонентам у зоні ураження, з характерним гучним звуком і вібрацією на телефоні, навіть якщо він перебуває в беззвучному режимі. З огляду на ефективність, Європейський Союз зобов'язав усі країни-члени імплементувати систему оповіщення на основі Cell Broadcast або геолокаційних SMS до червня 2022 року (стаття 110 Європейського кодексу електронних комунікацій) [25]. Більшість держав ЄС обрали саме Cell Broadcast (наприклад, NL-Alert у Нідерландах, FR-Alert у Франції, IT-Alert в Італії тощо), що дозволяє надсилати оповіщення мовою пристрою користувача і охоплювати навіть іноземців, які перебувають у зоні небезпеки. У США аналогічна система відома як WEA (Wireless Emergency Alerts), запущена в рамках інтегрованої системи IPAWS у 2012 році. WEA використовує Cell Broadcast для розсилки коротких текстових попереджень на мобільні пристрої, з унікальним сигналом і повідомленням, яке з'являється на екрані.

**Система IPAWS (Integrated Public Alert and Warning System).** Це національна система оповіщення США, яка об'єднує кілька каналів: мобільні повідомлення WEA, радіо- і телемовлення EAS (Emergency Alert System), Національну систему попередження (NAWAS) та повідомлення NOAA (метеорологічні попередження). IPAWS побудована на принципах CAP: вона приймає стандартизовані повідомлення від уповноважених органів (федеральних, штатних, місцевих) і розповсюджує їх одночасно через усі канали, відповідно до типу загрози. Наприклад, екстрене повідомлення про загрозу торнадо може одночасно передаватися по телебаченню (EAS), по мережі стільникового зв'язку (WEA), на сигнальні пристрої NOAA Weather Radio і т.д. [22]. Основою IPAWS є відкритий стандарт CAP v1.2, що забезпечує сумісність між різними підсистемами та сторонніми сервісами. У контексті воєнних загроз, США також мають можливість задіяти ці системи – зокрема, відомий випадок помилкового сповіщення про ракетний удар на Гаваях у 2018 році показав, що системи на кшталт WEA можуть сповіщати населення про ракетну небезпеку. Таким чином, американський досвід

демонструє переваги інтеграції різнорідних каналів у єдину систему під координацією центрального органу.

**Практика інших країн.** У країнах НАТО та Азії також діють розвинені системи оповіщення. Ізраїль має одну з небагатьох, окрім України, повністю автоматизованих систем реального часу для попередження про ракети та обстріли. Сигнали повітряної тривоги в Ізраїлі запускаються автоматично системою раннього виявлення «Цева Адом» (Червоний код) при виявленні пуску ракет, з одночасним увімкненням сирен у конкретних районах та сповіщенням через мобільні додатки і СМС. Досвід Ізраїлю показав важливість швидкості: інколи мешканці мають лише 10-30 секунд на укриття, тому автоматизація і випереджувальні сповіщення критично важливі. Японія використовує систему J-Alert, що передає екстрені сповіщення про землетруси, цунамі чи ракетну загрозу через супутник на гучномовці, телебачення та Cell Broadcast на телефонах. В ЄС окрім впровадження Cell Broadcast (під назвою EU-Alert), зберігається також практика випробовувати національні системи щорічно (наприклад, у Нідерландах щомісячно тестують NL-Alert на телефонах, у Данії одночасно запускають сирени і СВ-повідомлення під час національного тесту тощо).

Для того, щоб коректно оцінити інновації в Україні, важливо розглянути дослідити міжнародні засоби оповіщення. В таблиці 1 узагальнено характеристики Cell Broadcast, CAP, IPAWS, EU-Alert

Таблиця 1

Міжнародні стандарти та системи оповіщення: основні характеристики (укладено за матеріалами [21, 25])

| Система/стандарт                      | Опис та призначення  | Ключові можливості і особливості  | Приклади впровадження/охоплення  |
|---------------------------------------|--|---|--|
| <b>Common Alerting Protocol (CAP)</b> | Єдиний стандартизований формат екстреного повідомлення (XML), розроблений OASIS, прийнятий ITU. Використовується для обміну повідомленнями між системами оповіщення різних відомств і каналів. | Універсальний для будь-яких типів загроз (природні, техногенні, безпека). Вміщує поля: що сталося, де, коли, рівень терміновості, достовірність, рекомендації тощо. Одне повідомлення може автоматично передаватися на різні платформи (TV, радіо, SMS, додатки, сайти). Підтримує вкладення мультимедіа (карти, зображення) та кілька мов.   | За даними UNDRR, впроваджується в країнах, де проживає ~91% населення світу. Є основою національних систем США, Канади, Японії, Австралії та ін. В Україні офіційно рекомендований ДСНС України (де-факто використовується в бекенді деяких нових рішень).   |
| <b>Cell Broadcast (CB)</b>            | Технологія мобільного зв'язку, що дозволяє одночасно транслювати повідомлення всім телефонам, підключеним до певної базової станції оператора.   | Миттєвість розсилки: не залежить від кількості отримувачів (навантаження на мережу не росте). Досягає телефонів навіть при перевантаженому трафіку або за відсутності SIM-карти (достатньо перебувати в зоні сигналу). Може геотаргетувати розсилку від рівня країни до малого району. Телефони видають спеціальний гучний сигнал і текст на екрані, навіть у беззвучному режимі. Обмеження: старі телефони (до ~2008–2010 рр.) можуть не підтримувати СВ; також потрібне налаштування мережевого обладнання оператора. | Використовується для екстрених оповіщень у багатьох країнах: США (служба WEA з 2012 р.), Японія (система J-Alert, ETWS), Південна Корея, ЄС (нині впроваджено або впроваджується в більшості країн). В Україні тестування відбулося 2022 р.  |
| <b>EU-Alert</b>                       | Європейська публічна система оповіщення на основі Cell Broadcast. Визначена стандартами ETSI як обов'язкова функція для мобільних операторів у країнах ЄС.                                     | Повідомлення EU-Alert мають уніфікований формат і рівні пріоритету. Є декілька рівнів оповіщень (від найвищого – небезпека життю, до інформаційного) з відповідними кодами. Телефони, сумісні з EU-Alert, відтворюють двотоновий сигнал і вібрацію, текст може бути двома мовами. Система гарантовано покриває всіх, хто перебуває в зоні загрози, незалежно від громадянства чи оператора (важливо для туристів тощо). У деяких країнах доповнюється SMS для тих пристроїв, що не підтримують СВ.                      | Всі країни ЄС з 2022 р. зобов'язані мати такий механізм. Наприклад, Нідерланди (NL-Alert, з 2012), Литва (LV-Alert), Італія (IT-Alert), Франція (FR-Alert) тощо вже розгорнули СВ-оповіщення для населення. Крім ЄС, аналогічні системи існують у Великій Британії (UK Emergency Alerts, запуск у 2023) та інших країнах. Україна добровільно впроваджує сумісну систему у співпраці з ЄС. |

| Система/стандарт   | Опис та призначення  | Ключові можливості і особливості  | Приклади впровадження/охоплення  |
|--|--|---|--|
| <b>IPAWS (Integrate d Public Alert and Warning System)</b> | Національна система оповіщення США, що об'єднує різні канали для розсилки екстрених повідомлень. Запущена FEMA у 2011–2012 рр. Завдання – забезпечити, щоб органи влади будь-якого рівня могли оперативно попередити населення, використовуючи всі доступні медіа. | САР-орієнтована система: повідомлення від органів влади надходять у IPAWS у форматі САР та проходять через шлюз перевірки (IPAWS-OPEN). Далі одночасно розсилаються по каналах: Wireless Emergency Alerts (WEA) – оповіщення на мобільні телефони через Cell Broadcast (у співпраці з операторами), Emergency Alert System (EAS) – передача сигналу тривоги на всі теле- та радіоканали (переривання мовлення), а також через NOAA Weather Radio та інші системи. Забезпечена взаємодія з інтернет-сервісами (агрегатори новин, додатки). Кожне повідомлення автентифікується, мережі зобов'язані ретранслювати. Є можливість таргетування за локацією, мультимедіа-вкладення тощо. | США, території США (Пуерто-Ріко тощо). Системою користуються ~1 600 уповноважених організацій. З 2012 р. по 2024 р. через IPAWS надіслано понад 90 тисяч WEA-повідомлень (дані FEMA). Аналоги: в Канаді – система Alert Ready, в Японії – J-Alert (включає мобільні, мережу гучномовців, телемовлення). В Україні схожа інтегрована система поки відсутня, але елементи реалізуються (подібну роль центру обробки оповіщень пробує виконувати ДСНС України). |

Згідно з табл. 1, світовий тренд полягає у переході від вузькоканалних систем (лише сирени або лише SMS) до комплексних рішень, які поєднують різні технології. Особливо показовим є вимога ЄС щодо впровадження мобільних оповіщень. Другий тренд – стандартизація і сумісність. Використання САР забезпечує сумісність систем різних відомств та країн: наприклад, коли у 2011 році стався землетрус і цунамі в Японії, попередження, сформовані в САР, автоматично передавалися по міжнародних каналах, і системи інших країн могли їх підхоплювати для оповіщення своїх громадян, які перебували в Японії.

#### **Інноваційні рішення, впроваджені в Україні під час воєнного стану**

З початком повномасштабного вторгнення Росії в Україну у лютому 2022 року виявилось, що наявні засоби оповіщення не відповідають новим реаліям. Уже в перші дні агресії в окремих областях не вдалося оперативно задіяти сирени, що спричинило небезпечну затримку в інформуванні населення. Додатково, восени того ж року масовані ракетні удари разом із кібератаками по енергетичній інфраструктурі показали слабкість стаціонарної системи сирен: через відключення електроенергії значна частина з них залишалася бездіяльною. Ці фактори актуалізували необхідність та пришвидшили модернізацію системи оповіщення.

Відповідь на ці виклики в Україні була оперативною: за лічені дні після вторгнення за ініціативи Міністерства цифрової трансформації та компанії Ajax Systems і Stfalcon було створено офіційний мобільний додаток «Повітряна тривога» (Air Alert) [27]. Паралельно Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України) провела технічну модернізацію загальнодержавної автоматизованої системи оповіщення, впровадивши спільно з мобільними операторами технологію Cell Broadcast для розсилки екстрених повідомлень безпосередньо на мобільні телефони громадян [5]. Таким чином, уже протягом першого місяця війни по всій країні запрацювала багатоканальна система оповіщення, що поєднала сирени, мобільні застосунки, SMS/Cell Broadcast та інші канали оповіщення населення.

Загалом, процес модернізації системи оповіщення розпочався ще у довоєнний період – у 2018 році, після видачі розпорядження КМУ від 31 січня 2018 р. № 43-р «Про затвердження Концепції розвитку та технічної модернізації системи централізованого оповіщення про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій», яким було затверджено принцип розвитку та удосконалення існуючої системи оповіщення населення.

За результатами проведених робіт щодо створення дієвого та сучасного інструменту оповіщення населення, Україною прийнято рішення щодо удосконалення загальнодержавної автоматизованої системи централізованого оповіщення населення (далі – ЗАСЦО) [1], яка є одним із ключових елементів у структурі цивільного захисту України, адже саме вона забезпечує своєчасне та достовірне доведення сигналів і повідомлень про загрозу або факт виникнення надзвичайних ситуацій до органів державної влади, сил цивільного захисту, підприємств, установ, організацій і безпосередньо до населення. Основною метою ЗАСЦО є

швидке й ефективне інформування громадян та відповідальних структур про неминучі або вже існуючі загрози, що передбачає не лише оперативну доставку сигналів у запланований час, а й передачу повідомлень із достатнім рівнем деталізації та з чіткими інструкціями для громадськості. Важливим є і забезпечення одночасного охоплення широкої аудиторії з можливістю спрямування інформації до конкретних цільових груп чи визначених регіонів, що дозволяє оптимізувати процес реагування.

Автоматизована система оповіщення у своїй основі являє собою комплекс алгоритмів дій, процесів, технологій, організаційних і технічних рішень, що інтегрують засоби електронних комунікацій, обробки, передавання та відображення інформації. Вона включає різні рівні – загальнодержавний, територіальний, місцевий, а також спеціалізовані, локальні та об'єктові системи. Така багаторівнева структура забезпечує узгодженість роботи між центральними органами виконавчої влади, місцевими державними адміністраціями, органами самоврядування та підрозділами ДСНС України. На практиці оповіщення здійснюється через оперативно-чергові служби центральних органів влади, пункти управління обласних і міських адміністрацій, територіальні органи ДСНС України, а також функціональні підсистеми єдиної державної системи цивільного захисту.

Під час аналізу існуючої схеми, обладнання та алгоритму оповіщення виявлено низку проблем, які суттєво обмежують ефективність системи. З огляду на це, виникла нагальна потреба у реконструкції та модернізації ЗАСЦО. Основними напрямками визначено технічне переоснащення системи, впровадження функцій автоматизованого оповіщення та оснащення сучасними програмно-технічними засобами. Оновлена схема роботи та рівні взаємодії ЗАСЦО подано на рис. 1 та рис. 2

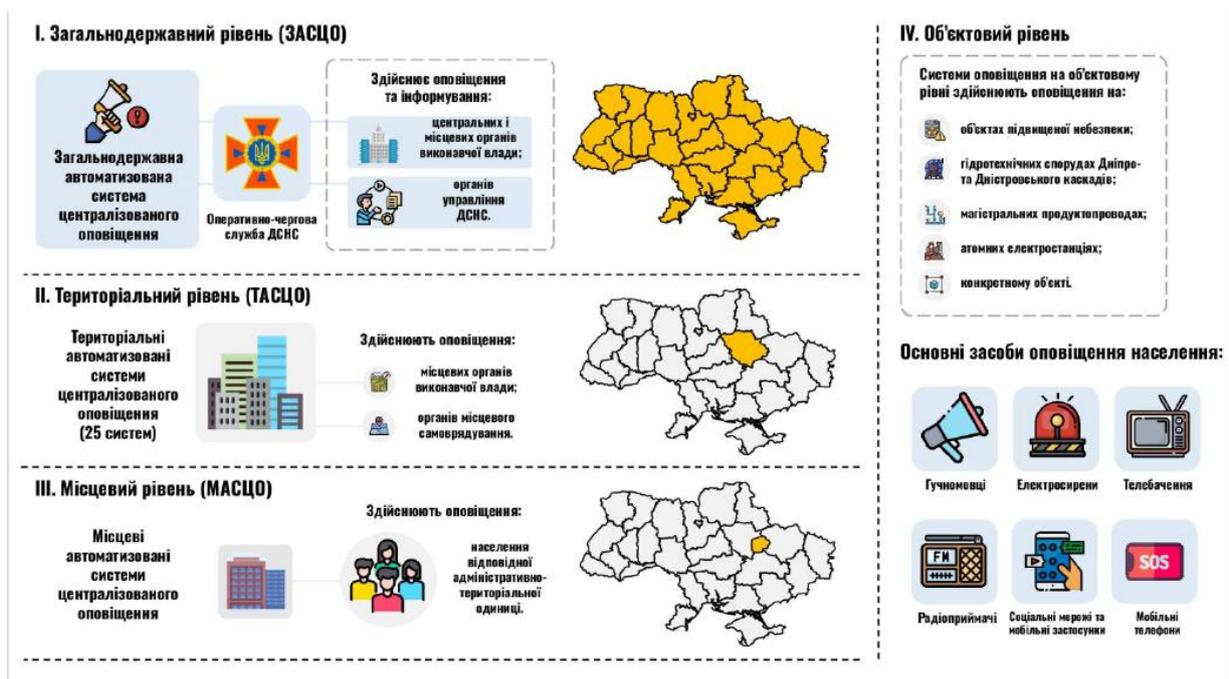


Рисунок 1 – Схема взаємодії рівнів Загальнодержавної автоматизованої системи централізованого оповіщення

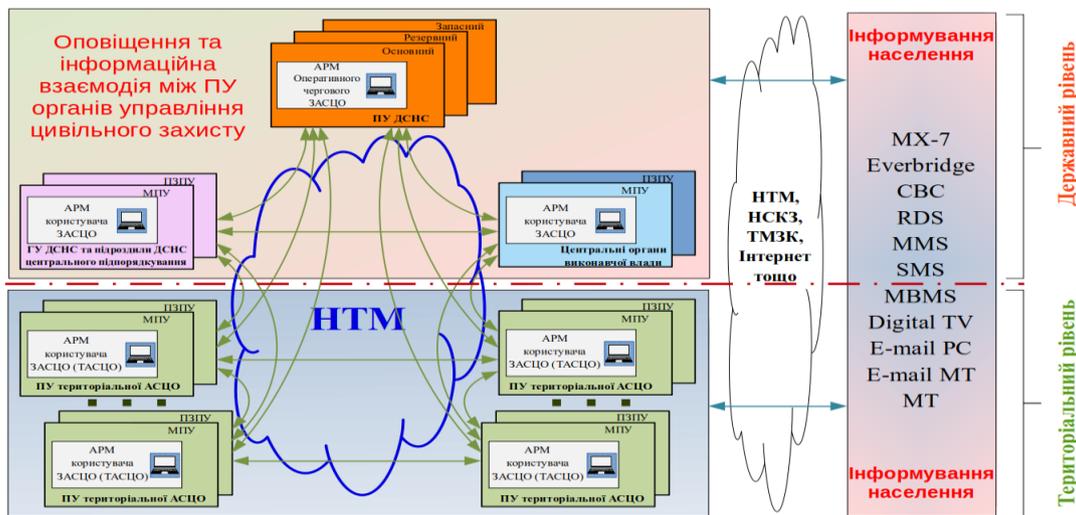


Рисунок 2 – Архітектура реалізації ЗАСЦО

Концепція розвитку передбачає інтеграцію ЗАСЦО з операторами мобільного зв'язку, що дає змогу використовувати технологію Cell Broadcast, а також із національними телерадіокомпаніями для поширення сигналів через цифрове телебачення та FM-радіо. Важливим завданням є створення ефективної взаємодії між усіма рівнями систем – державним, територіальним, місцевим, спеціалізованими та об'єктовими, що забезпечить єдність інформаційних потоків. Поряд із цим модернізована архітектура передбачає моніторинг і контроль роботи всіх прикладних застосунків і технічних засобів, що значно підвищує надійність та відмовостійкість.

Особливе значення має орієнтація на міжнародні стандарти, зокрема вимоги Європейського інституту телекомунікаційних стандартів ETSI TS 102 182, які визначають правила комунікації органів влади з громадянами під час надзвичайних ситуацій. Передбачено також використання відкритих форматів обміну даними згідно з ДСТУ ISO/TR 22351, що сприяє інтероперабельності та забезпечує можливість інтеграції системи з іншими інформаційними платформами. Ключовим принципом залишається чіткий розподіл прав доступу користувачів залежно від рівня їхньої відповідальності, що мінімізує ризики несанкціонованих дій і гарантує захищеність процесу ініціювання сигналів.

Модернізована система передбачає функціонування автоматизованих робочих місць операторів (див. рис. 3), які забезпечують формування повідомлень, їх верифікацію, підпис, ініціювання та контроль доставки. Вона покликана функціонувати як у мирний час, забезпечуючи інформування населення про техногенні та природні загрози, так і у воєнний період, коли критично важливими стають централізоване управління, швидкодія та гарантоване охоплення максимальної кількості громадян.

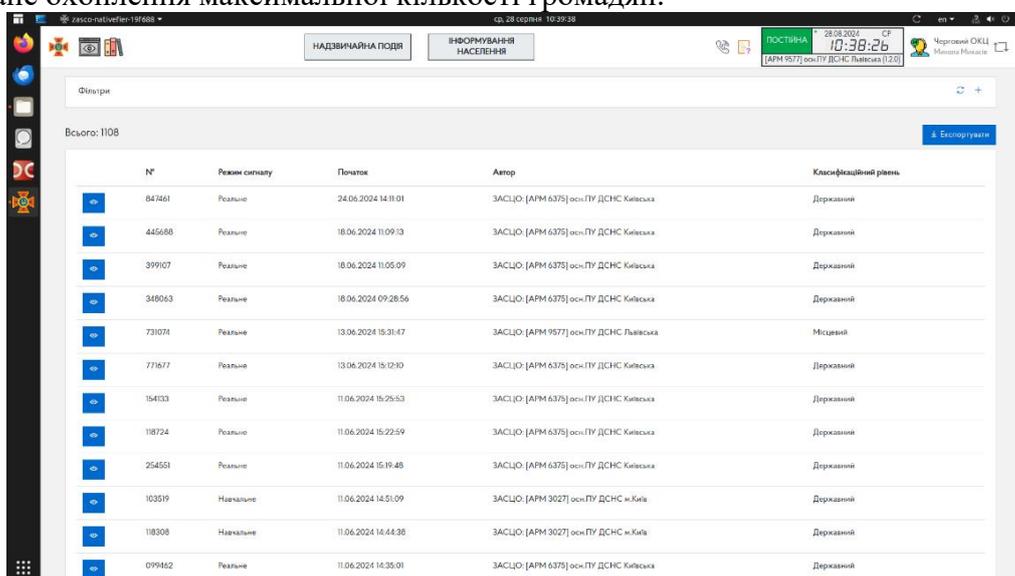


Рисунок 3 – Інтерфейс автоматизованого робочого місця оператора ЗАСЦО

У підсумку модернізація ЗАСЦО має на меті скоротити час від виявлення загрози до доведення інструкцій, забезпечити підтвердження доставки повідомлень, розширити географічне охоплення та створити стійку, технологічно сучасну систему, яка відповідатиме як внутрішнім потребам держави, так і міжнародним стандартам кризових комунікацій.

### Інформування населення із використанням сервісу широкомовного передавання повідомлень (Cell Broadcast)

Технологія Cell Broadcast (далі – СВ) є сучасним інструментом оперативного сповіщення населення, який широко застосовується у світовій практиці цивільного захисту. В Україні її впровадження ґрунтується на чітко визначеній нормативній базі. Ключові положення містяться у постанові Кабінету Міністрів України від 27 вересня 2017 р. № 733 (у редакції від 13 квітня 2024 р.), яка визначає СВ одним із пріоритетних засобів оперативного інформування; наказі МВС України від 31 жовтня 2022 р. № 696, що регламентує порядок його використання; а також у постановах КМУ від 8 березня 2024 р. № 270 та від 29 березня 2024 р. № 355, якими оновлено вимоги до єдиної державної системи цивільного захисту та врегульовано функціонування загальнодержавної автоматизованої системи централізованого оповіщення. Ці документи визначають уповноважені органи, порядок взаємодії з операторами мобільного зв'язку та інтеграцію технології СВ у національну систему оповіщення.

Принцип роботи технології – це функція мереж GSM/UMTS/LTE/5G, яка дозволяє надсилати текстові повідомлення всім мобільним пристроям у межах певної території, визначеної за базовими станціями. На відміну від SMS, що працюють за принципом «один до одного», СВ застосовує модель «один до багатьох», завдяки чому повідомлення розповсюджується миттєво серед усіх користувачів, які перебувають у заданій зоні. Передача відбувається через окремий службовий канал (Broadcast Channel), що виключає перевантаження мережі навіть під час пікових навантажень.

Алгоритм використання СВ передбачає, що уповноважений орган вводить екстрене повідомлення через автоматизоване робоче місце, після чого воно надходить до центру розсилки інформаційних повідомлень. Далі сигнал передається операторам мобільного зв'язку, які миттєво транслюють його з усіх базових станцій у цільовому регіоні. Повідомлення автоматично з'являється на екрані телефона поверх інших програм або на заблокованому екрані, супроводжуючись гучним звуковим сигналом, який неможливо вимкнути стандартними налаштуваннями. Технологія підтримує кілька мов, що дозволяє інформувати як місцеве населення, так і іноземців, а також може містити вебпосилання на детальні інструкції.

Час доставки становить у середньому менше 10 секунд від моменту ініціювання: близько 3 секунд у мережі 4G та близько 5 секунд у 3G. (див. рис. 4) Це дає змогу ефективно реагувати навіть у випадках раптових загроз. Cell Broadcast може використовуватися як у мирний час – для попередження про стихійні лиха, техногенні аварії чи інші небезпечні події, – так і під час воєнного чи надзвичайного стану, зокрема для оповіщення про повітряні тривоги, ракетну небезпеку, хімічну або радіаційну загрозу.

### ПРИНЦИП ФУНКЦІОНУВАННЯ



Рисунок 4 – Принцип функціонування технології Cell Broadcast

Серед ключових переваг СВ – швидкість доставки, одночасне охоплення великої кількості абонентів, висока надійність, сумісність із 99% сучасних мобільних пристроїв, багатомовність, можливість точного геозонування та оперативного оновлення повідомлень, охоплення абонентів у роумінгу, відсутність потреби в персональних даних і незалежність від стану завантаженості мережі. Це забезпечує гарантоване отримання сигналу навіть у критичних умовах.

В Україні роботи з впровадження СВ розпочалися до повномасштабної війни, а з 2022 року процес було суттєво прискорено. Після серії тестувань з операторами мобільного зв'язку система продемонструвала високу ефективність (див. рис. 5).

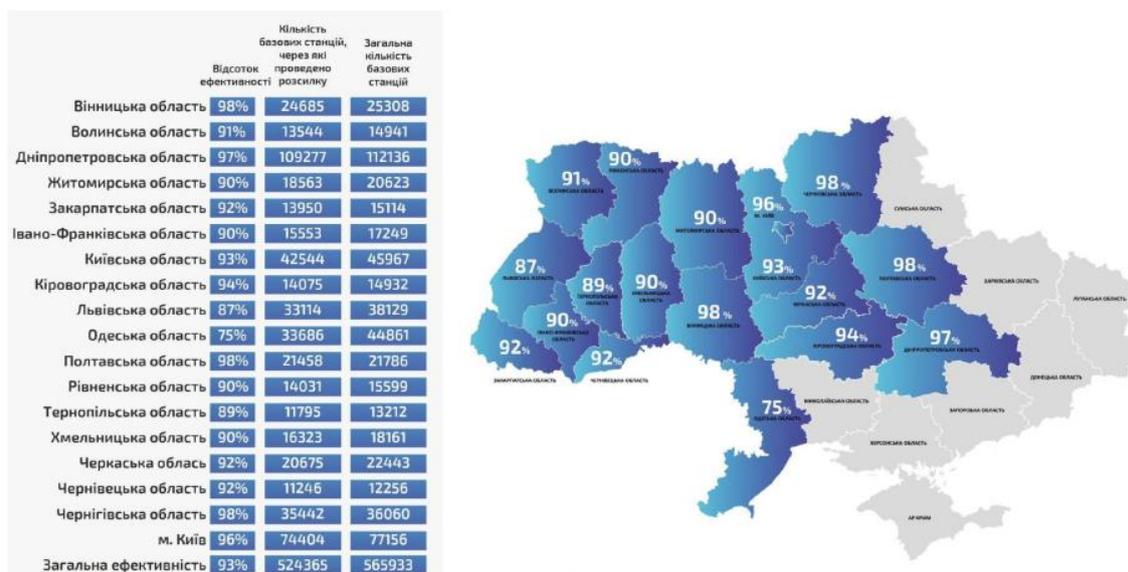


Рисунок 5 – Результати тестування технологій Cell Broadcast в Україні

В умовах воєнного стану алгоритм передбачає ініціювання сигналу Міністерством оборони або Головним командним центром Збройних Сил України у взаємодії з ДСНС України, передавання його до національних операторів мобільного зв'язку (Київстар, Vodafone, Lifecell) [5] та миттєву трансляцію у визначених регіонах (див. рис. 6).



Рисунок 6 – Принцип реалізації технології Cell Broadcast в Україні

Центр розсилки інформаційних повідомлень забезпечує управління розсилками на рівні населеного пункту, області або всієї країни, отримуючи команди з автоматизованих робочих місць оперативних чергових ЗАСЦО (див. рис.7).

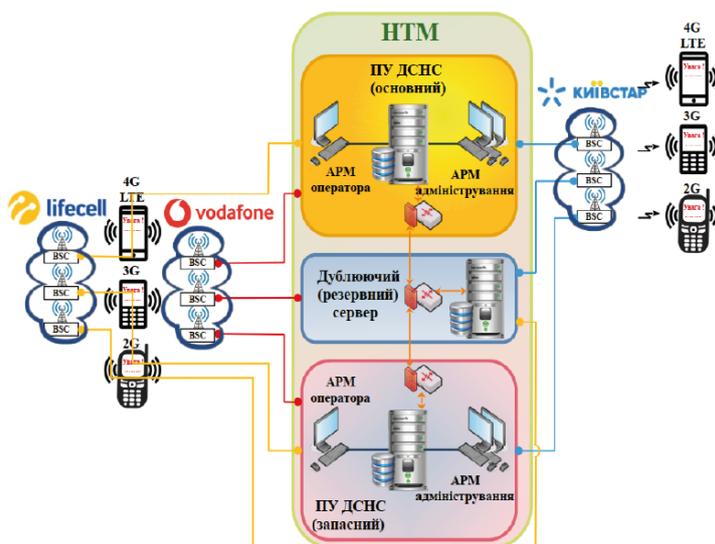


Рисунок 7 – Схема реалізації технології Cell Broadcast

Інтеграція Cell Broadcast у систему цивільного захисту України дозволяє поєднувати її з традиційними засобами оповіщення – сиренами, телебаченням, радіо, інтернет-ресурсами. Це підвищує надійність передачі сигналів, забезпечує багатоканальність та дублювання критично важливої інформації, що, у свою чергу, зменшує ризик неотримання повідомлення громадянами.

### Цифрові інновації оповіщення під час війни

З початком повномасштабного вторгнення Україна запровадила кілька новаторських рішень для оповіщення населення, які доповнили та частково замінили традиційні сирени, радіо і ТБ. Центральну роль у новій системі відіграє мобільний додаток «Повітряна тривога», доступний на смартфонах Android та iOS. (див. рис. 8) Цей застосунок був розроблений за ініціативи української ІТ-компанії Stfalcon у співпраці з компанією Ajax Systems та Мінцифри та представлений населенню 1 березня 2022 року [13]. У якості тестувальних областей було визначено Вінницьку та, Хмельницьку, а за кілька днів охопив всю країну, набравши понад 1 млн користувачів у перший тиждень [9]. Наразі застосунок встановили понад 26 мільйонів разів, активно користуються більш ніж 6 млн українців [19].

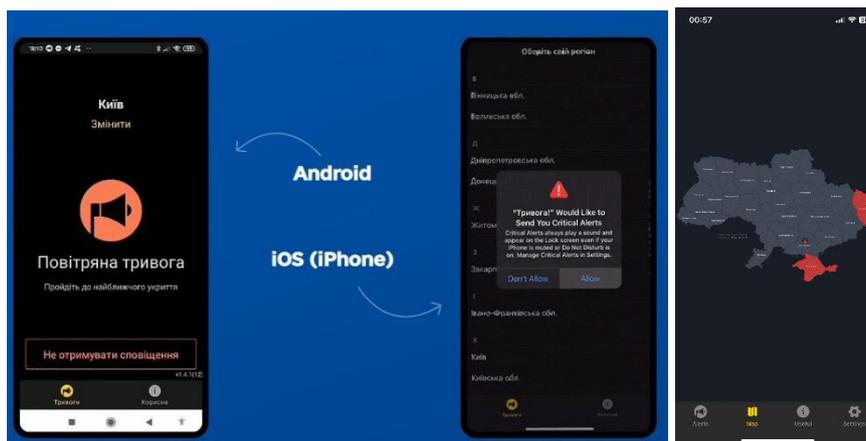


Рисунок 8 – Мобільні застосунки «Повітряна тривога» та «Карта повітряних тривог»

«Повітряна тривога» стала офіційним каналом: вона інтегрована з системою цивільного захисту – дані про тривоги надходять від операторів обласних військових адміністрацій (далі – ОВА), чергові служби ДСНС України координують сигнали. Додаток охоплює 5 типів загроз: повітряна тривога (ракетний удар, авіаудар), артилерійський обстріл, вуличні бої, хімічна та радіаційна небезпека. Для кожного типу реалізовано унікальний звуковий сигнал та текстові інструкції, що відображаються на екрані з порадами, як діяти.

Логіка роботи застосунку така: коли компетентний орган (ОВА або військова адміністрація) фіксує загрозу й оголошує тривогу, оператор негайно через спеціальну консоль передає сигнал у систему, після чого додаток миттєво розсилає push-сповіщення всім користувачам, що підписані на відповідний регіон [19]. Після відбою тривоги аналогічно надходить повідомлення про її завершення. На рис. 9 зображено спрощену схему проходження сигналу від моменту виявлення загрози до оповіщення населення через додаток.



Рисунок 9 – Схема проходження сигналу від моменту виявлення загрози до оповіщення населення через додаток

Важливо, що застосунок підтримує критичні сповіщення: сигнал лунає на максимальній гучності навіть якщо телефон у беззвучному чи сплячому режимі. Додаток не потребує реєстрації і не збирає персональні дані чи геолокацію користувачів – користувач лише обирає свою область/громаду для отримання сповіщень. За замовчуванням дозволено вибір однієї області, але на запит користувачів реалізовано функцію мультипідписки – до 5 різних областей або громад. Це корисно, наприклад, коли людина хоче знати про тривоги в рідному місті та за місцем перебування. Також додано функцію розділення гучності сигналів «тривога» і «відбій», щоб відбій був тихішим у нічний час.

Постійно відбувається розвиток застосунку: додано офіційну онлайн-мапу тривог та публічне API для інтеграції даних тривог у сторонні сервіси [28]. Версія 6.0 (лютий 2024) отримала розширення функціоналу: надсилання спеціальних сповіщень про «підвищену небезпеку» в окремих містах/громадах, а також додаткових попереджень про наближення ракети чи безпілотної в зоні конкретного користувача (див. рис. 10). Це фактично дозволяє інформувати населення не лише про сам факт тривоги в області, а й про безпосередню загрозу (коли, наприклад, ракета наближається до конкретного міста)

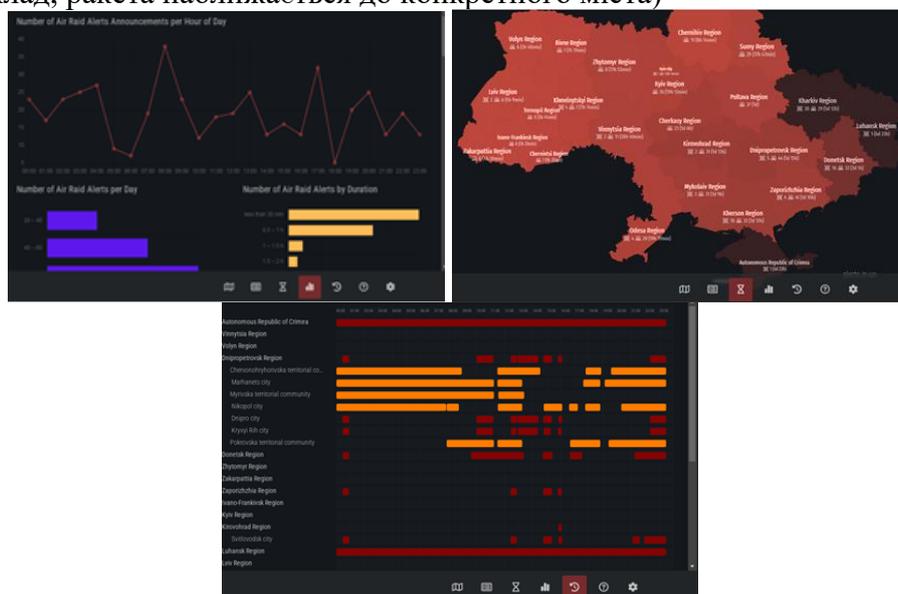


Рисунок 10 – Функціональні можливості застосунку «Повітряна тривога»

Разом з офіційним додатком, в Україні паралельно продовжують розроблятися і альтернативні цифрові рішення для оповіщення.

Telegram-канали, як офіційні (наприклад, канали Державної служби надзвичайних ситуацій чи місцевих адміністрацій), так і неофіційні, стали домінуючим каналом для детального оповіщення, забезпечуючи швидке поширення повідомлень про тривоги, відбій та супутні інструкції. Вони монополізують детальну комунікацію про рухомі цілі, такі як ракети чи БпЛА, завдяки можливості миттєвого оновлення та широкому охопленню аудиторії – понад 70% українців використовують Telegram як основний месенджер. Вплив цих каналів полягає у підвищенні оперативності: повідомлення досягають користувачів за секунди, доповнюючи традиційні сирени конкретними рекомендаціями щодо укриття. Офіційні канали, як-от "Оповіщення ЦЗ" чи канали міських рад (наприклад, КМДА), забезпечують надійність інформації, сприяючи координації з іншими системами (див. рис. 11). Проте, негативний аспект включає поширення фейків, як-от неправдиві дані про нові сигнали чи відключення зв'язку під час тривог, що може спричинити паніку та дезорієнтацію. Крім того, залежність від платформи, контрольованої зовнішніми суб'єктами, піднімає питання національної безпеки щодо потенційного блокування чи маніпуляцій.

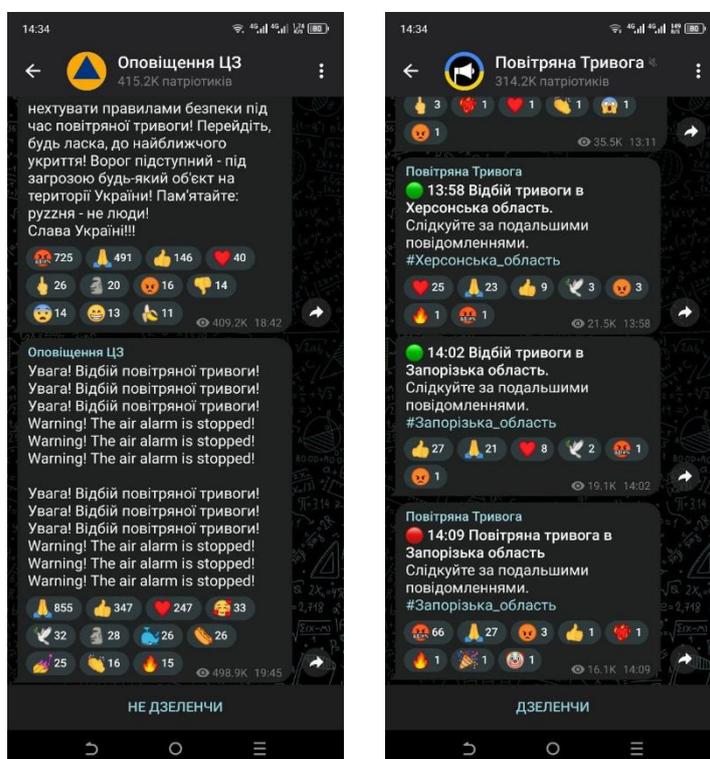


Рисунок 11 – Телеграм боти “Оповіщення ЦЗ” і “Повітряна тривога”

У сукупності, ці цифрові інструменти значно посилили систему оповіщення цивільного захисту, компенсуючи недоліки застарілої інфраструктури шляхом інтеграції з сучасними технологіями та забезпечення всеохоплюючого інформування. Вони сприяють зниженню ризиків для населення, підвищенню ефективності реагування та адаптації до гібридних загроз, як це спостерігається з 2022 року. Водночас, для максимізації впливу необхідна подальша модернізація, включаючи посилення кібербезпеки, диверсифікацію каналів та освіту населення щодо розрізнення офіційних джерел, аби мінімізувати вразливості в умовах тривалого конфлікту.

Чат-боти Державної служби України з надзвичайних ситуацій, розроблені колективом Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (далі – ЛДУБЖД), представляють собою інноваційні цифрові інструменти, спрямовані на посилення системи цивільного захисту та підвищення обізнаності населення й суб'єктів господарювання щодо надзвичайних ситуацій. (див. рис. 12)

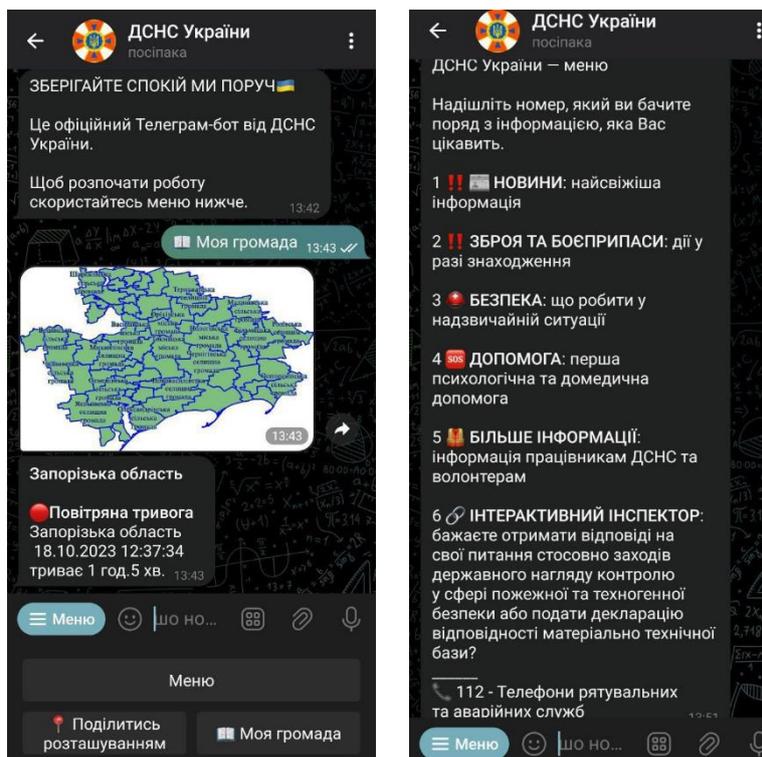


Рисунок 12 – Чат-бот @UA\_DSNS\_bot

Зокрема, боти @UA\_DSNS\_bot, інтегровані в популярну платформу Telegram, забезпечують оперативний доступ до актуальної інформації, сприяючи ефективній комунікації в умовах потенційних загроз. Їхній розвиток у рамках науково-дослідних проєктів ЛДУБЖД підкреслює інтеграцію академічних розробок у практичні механізми національної безпеки, що особливо актуально в контексті тривалого геополітичного напруження та воєнних викликів. Нижче аналізуються ключові аспекти цих ботів з акцентом на позитивні моменти їх використання.

Чат-бот @UA\_DSNS\_bot є інструментом ДСНС України для інформування населення про надзвичайні ситуації. Розроблений з урахуванням потреб оперативного реагування, він функціонує як канал для поширення оновлень, інструкцій та рекомендацій щодо дій у разі пожеж, природних катастроф чи техногенних аварій. Функціонал включає автоматичні сповіщення, відповіді на запити користувачів та інтеграцію з даними ДСНС України для надання достовірної інформації в реальному часі. Крім того, чат-бот оснащений функцією оповіщення, яка дозволяє прив'язувати сповіщення до адміністративно-територіальних одиниць з використанням геоінформаційних систем (далі – ГІС) та/або GPS-даних з мобільних телефонів користувачів, забезпечуючи зональне та персоналізоване інформування.

До основних переваг розробки можна віднести:

**Оперативність та доступність:** Бот забезпечує миттєвий доступ до інформації 24/7, що критично важливо під час надзвичайних ситуацій, коли традиційні канали (наприклад, сирени чи радіо) можуть бути обмеженими через блекаути чи інфраструктурні проблеми. Це дозволяє користувачам отримувати push-повідомлення про загрози, зменшуючи час реагування та потенційні втрати. Інтеграція з ГІС та GPS посилює цю оперативність, дозволяючи надсилати локалізовані сповіщення, адаптовані до конкретного регіону чи позиції користувача, що оптимізує реагування в урбанізованих або віддалених районах.

**Надійність джерела:** Як інструмент ДСНС України, бот мінімізує ризики дезінформації, поширюючи лише верифіковані дані. У контексті гібридних загроз це сприяє довірі населення до державних органів та запобігає паніці, викликаній фейковими повідомленнями в соціальних мережах. Прив'язка до адміністративно-територіальних одиниць на основі ГІС/GPS додає шару точності, зменшуючи помилкові або загальні сигнали та підвищуючи довіру через релевантність інформації.

Інтеграція з цифровими технологіями: Розробка ЛДУБЖД враховує сучасні тенденції, дозволяючи інтеграцію з мобільними пристроями, що підвищує охоплення аудиторії, особливо серед молоді та урбанізованого населення. Це доповнює традиційну систему оповіщення, роблячи її більш адаптивною до цифрової ери. Використання ГІС та GPS сприяє геопросторовому аналізу, що дозволяє прогнозувати та координувати дії в реальному часі, інтегруючись з іншими системами цивільного захисту для комплексного моніторингу.

Освітній ефект: Бот не лише інформує, але й надає інструкції щодо дій (наприклад, евакуація чи перша допомога), сприяючи підвищенню рівня підготовки суспільства до надзвичайних ситуацій та зниженню вразливості цивільного населення. Позитивний вплив функції оповіщення з ГІС/GPS проявляється в освітній ролі, оскільки користувачі отримують контекстуалізовану інформацію, що сприяє кращому розумінню ризиків у своєму регіоні та формуванню навичок самостійного реагування.

### **Висновки**

Україна в умовах воєнного стану здійснила стрімкий технологічний стрибок у сфері оповіщення населення про надзвичайні ситуації. Традиційна централізована система, основою якої були сирени та ефірне мовлення, зазнала кардинальної модернізації: впроваджено цифрові канали оперативного доведення сигналів тривоги до громадян, інтегровано сучасні світові стандарти (CAP, Cell Broadcast), створено інноваційні рішення у співпраці держави, бізнесу та волонтерів. ДСНС України відіграє ключову роль у цьому процесі – як власник і координатор загальнодержавної автоматизованої системи оповіщення, вона забезпечує централізований контроль та взаємодію з обласними адміністраціями, мобільними операторами, розробниками застосунків. Саме ДСНС України спільно з Мінцифри та операторами у 2022 році реалізувала можливість розсилки екстрених повідомлень на мобільні телефони по всій країні, що значно підвищило швидкість і адресність оповіщення.

Технологічний перехід до цифрових систем оповіщення в Україні можна вважати успішним: мобільний додаток «Повітряна тривога» став невід'ємною частиною життя громадян, оперативно застерігаючи про різноманітні загрози. Його інтеграція з мережею державних серверів та локальних органів влади – приклад того, як ІТ-рішення у надзвичайно стислі терміни впроваджено на національному рівні. Одночасно впроваджується і Cell Broadcast – за результатами тестувань ця технологія перейшла в дослідну експлуатацію і найближчим часом стане повноцінним каналом оповіщення для всіх сучасних пристороїв комунікації в Україні. Комбінація push-додатку та Cell Broadcast дозволить дублювати сигнали і покривати ту аудиторію, що не встановила додаток чи користується простими моделями телефонів.

Український досвід війни підкреслив важливість наявності альтернативних і резервних каналів. Окрім основних шляхів (сирени, телерадіомовлення, мобільний зв'язок), були задіяні супутникові технології, інтернет-мережі, а за потреби – навіть підручні методи (на початку вторгнення в деяких громадах про тривогу сповіщали церковними дзвонами або гучномовцями на машинах). Виникла і продовжує вдосконалюватися екосистема додаткових сервісів: онлайн-мапи, чат-боти для навігації в укриття, смарт-сирени для домогосподарств тощо. Ця багатоканальність відповідає кращим світовим рекомендаціям і суттєво підвищує стійкість системи: навіть якщо один канал виходить з ладу (скажімо, перебито інтернет), спрацює інший (Cell Broadcast або автономні сирени).

Порівняння з міжнародними системами оповіщення демонструє, що Україна у стислий термін запровадила ті рішення, на які іншим країнам знадобилися роки: CAP-протокол, оповіщення на мобільні по технології СВ, геотаргетинг повідомлень. За деякими напрямками український досвід навіть унікальний – зокрема, автоматизація військових тривог, що дозволяє видавати попередження за декілька хвилин і навіть годин до удару (коли злітають ворожі бомбардувальники чи виходять у море носії ракет – система вже оголошує тривогу задовго до підльоту ракет). Це досягається тісною взаємодією розвідданих та систем оповіщення. Лише Ізраїль має подібний рівень інтеграції даних ППО з оповіщенням.

Серед подальших завдань – підтримання довіри населення до сигналів тривоги та додаткове інформування про характер загроз. Досвід показав, що коли люди розуміють, чому

лунає тривога (наприклад, летить дрон чи ракета, чи є ризик хімічної атаки), вони більш відповідально реагують. Тому додаток нині намагається надавати хоча б часткову інформацію про причину тривоги (в деяких областях оператори пишуть в описі тип загрози). Також необхідно врахувати психологічний фактор: можливо, впровадити диференційовані сигнали для різних рівнів небезпеки, аби уникати «звикання».

Підсумовуючи, інноваційні рішення, реалізовані в Україні для оповіщення населення в умовах війни, в цілому підтвердили свою ефективність і стали критично важливим елементом цивільного захисту. Вони не лише врятували тисячі життів, а й заклали фундамент для модернізації системи оповіщення на повоєнний період – з використанням найсучасніших технологій і відповідно до міжнародних стандартів. Український кейс може слугувати прикладом для інших країн щодо швидкого розгортання багатоселонної системи попередження у кризових ситуаціях. Надалі важливо зберегти досягнутий рівень, продовжити інтеграцію з глобальними системами (наприклад, обмін тривожними сповіщеннями з ЄС при транскордонних загрозах) та регулярно оновлювати технології оповіщення, щоб бути на крок попереду нових викликів.

### Список використаних джерел

1. Кабінет Міністрів України. (2018). Розпорядження № 43-р «Про затвердження Концепції розвитку та технічної модернізації системи централізованого оповіщення про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій».
2. Верховна Рада України. (2012). Кодекс цивільного захисту України : Кодекс України; Закон, Кодекс від 02.10.2012 № 5403-VI // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/5403-17>
3. Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України). (2022, 20 квітня). ДСНС України продовжує розгортання системи оповіщення із використанням технології Cell Broadcast. URL: <https://www.rv.gov.ua/news/dsns-prodovzhuye-rozgotannya-sistemi-opovishchennya-iz-vkoristannjam-iam-visokotehnicnoyi-tehnologiyi>
4. Дрогобицька міська рада. (2022). Нова система оповіщення населення від ДСНС України. URL: <https://drohobych-rada.gov.ua/nova-sistema-opovishchennya-naselennya-vi/>
5. Міністерство внутрішніх справ України. (2022). Триває тестування оперативного інформування населення про загрози за допомогою Київстар, Vodafone та lifecell. URL: <https://mvs.gov.ua/uk/news/trivaje-testuvannya-operativnogo-informuvannya-naselennya-pro-zagrozi-za-dopomogoyu-kiyivstar-vodafone-ta-lifecell>
6. Суспільне Новини. (2022). Система екстреного сповіщення населення охоплює 67 % абонентів мобільних — ДСНС України. URL: <https://suspilne.media/286942-sistema-ekstrenogo-spovisenna-naselenna-ohopluje-67-abonentiv-mobilnih-dsns/>
7. Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України). (2022). Технічні вимоги до системи оперативного інформування (використання Cell Broadcast). URL: <https://czu.dsns.gov.ua/upload/3/2/9/5/1/zakupproektsoi.pdf>
8. Кабінет Міністрів України. (2017). Постанова № 733 «Про затвердження Положення про єдину державну систему цивільного захисту» (у редакції від 13 квітня 2024 р.).
9. Міністерство внутрішніх справ України. (2022). Наказ № 696 «Про затвердження Порядку використання технології Cell Broadcast у системі оповіщення населення».
10. Кабінет Міністрів України. (2024). Постанова № 270 «Про внесення змін до Положення про єдину державну систему цивільного захисту».
11. Кабінет Міністрів України. (2024). Постанова № 355 «Про функціонування загальнодержавної автоматизованої системи централізованого оповіщення».
12. Van Dijcke, D., Wright, A. L., & Polyak, M. (2023). Public response to government alerts saves lives during Russian invasion of Ukraine. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(18), e2220160120. DOI: 10.1073/pnas.2220160120

13. Lapowsky, I. (2023). Як застосунок від стартапу попереджає про повітряні тривоги та рятує життя в Україні. Fast Company. URL: <https://www.fastcompany.com/90922662/ajax-systems-air-raid-alert-ukraine>
14. Malyasov, D. (2025). Ukraine's high-tech war: how digital alerts save civilians. Defence Blog. URL: <https://defence-blog.com/ukraines-high-tech-war-how-digital-alerts-save-civilians/>
15. Красномовець, П. (2022). Увага! Екстрене сповіщення! ДСНС України вперше застосувала нову систему для реальної загрози. Як вона працює. Forbes Україна. URL: <https://forbes.ua>
16. Несенюк, А. (2023). Де тривога? ДСНС України досі не забезпечила повноцінну систему екстрених сповіщень — її замінили телеграм-канали та волонтерські додатки. Forbes Україна. URL: <https://forbes.ua>
17. Frontliner. (2025). Тривога у кишені: еволюція системи оповіщення про надзвичайні ситуації в Україні. URL: <https://frontliner.ua>
18. Суспільне Новини – Львів (Карнаух, Н.). (2022). Перебої в роботі системи оповіщення: як дізнатися про повітряну тривогу на Львівщині. Суспільне. URL: <https://suspilne.media>
19. Stfalcon & Ajax Systems. (2022). «Повітряна тривога»: розвиток застосунку для сповіщення про загрози. Stfalcon Blog. URL: <https://stfalcon.com/uk/blog/post/air-alert-app>
20. UNDRR. (2023). The Common Alerting Protocol (CAP) – міжнародний стандарт формату екстреного оповіщення. Офіс ООН з питань зниження ризиків катастроф. URL: <https://www.undrr.org>
21. FEMA. (2021). Common Alerting Protocol (CAP). IPAWS Technical Resources. URL: <https://www.fema.gov>
22. FEMA. (2025). Integrated Public Alert & Warning System (IPAWS) URL: <https://www.fema.gov>
23. Vlach-Vyhrynovska, H. I., & Rudyy, Y. P. (2025). Air Raid Alert Mesh Network System: Key Provision. Electronics and Control Systems, 2(84), 57–62. DOI: 10.18372/1990-5548.84.20194
24. Nokia. (2023). Build a PWS for a mobile world – Modernize your Public Warning System to comply with EU directives. Nokia Networks Industry Solutions (Web article). URL: <https://www.nokia.com>
25. EENA. (2022, 21 червня). The majority of EU countries are still not complying with the EEC. Press release. URL: <https://eena.org>
26. Van Dijke, D., Wright, A. L., & Polyak, M. (2023). Public response to government alerts saves lives during Russian invasion of Ukraine. PNAS, 120(18), e2220160120. DOI: 10.1073/pnas.2220160120
27. Lapowsky, I. (2023). How a security startup's air-raid alert app is saving lives in Ukraine. Fast Company. URL: <https://www.fastcompany.com/90922662/ajax-systems-air-raid-alert-ukraine>
28. Ajax.systems (2022) «Повітряна тривога» 3.0, офіційна мапа тривог та API застосунку — нове від Ajax Systems, Stfalcon і Мінцифри . URL: <https://ajax.systems/ua/blog/air-alert-3-0/>

### References

1. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2018). Order No. 43-r “On approval of the Concept of development and technical modernization of the centralized public alert system in case of threat or occurrence of emergencies.”
2. Verkhovna Rada of Ukraine. (2012). Civil Protection Code of Ukraine, Law of Ukraine No. 5403-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/5403-17>
3. State Emergency Service of Ukraine. (2022, April 20). SESU continues deployment of the Cell Broadcast-based alert system. URL: <https://www.rv.gov.ua/news/dsns-pro>
4. Drohobych City Council. (2022). New public alert system by SESU. URL: <https://drohobych-rada.gov.ua>

5. Ministry of Internal Affairs of Ukraine. (2022). Testing of operational public alerting via Kyivstar, Vodafone, and lifecell continues. URL: <https://mvs.gov.ua>
6. Suspilne News. (2022). The emergency alert system covers 67% of mobile subscribers – SESU. URL: <https://suspilne.media>
7. State Emergency Service of Ukraine. (2022). Technical requirements for the operational alert system (Cell Broadcast). URL: <https://czu.dsns.gov.ua/>
8. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2017/2024). Resolution No. 733 “On approval of the Regulation on the unified state civil protection system”
9. Ministry of Internal Affairs of Ukraine. (2022). Order No. 696 “On approval of the Procedure for the use of Cell Broadcast technology in the public alert system.”
10. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2024). Resolution No. 270 “On amendments to the Regulation on the unified state civil protection system.”
11. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2024). Resolution No. 355 “On the functioning of the national automated centralized public alert system.”
12. Van Dijcke, D., Wright, A. L., & Polyak, M. (2023). Public response to government alerts saves lives during Russian invasion of Ukraine. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120 (18), e2220160120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2220160120>
13. Lapowsky, I. (2023). How a startup’s app warns of air raids and saves lives in Ukraine. *Fast Company*. URL: <https://www.fastcompany.com/90922662>
14. Malyasov, D. (2025). Ukraine’s high-tech war: how digital alerts save civilians. *Defence Blog*. URL: <https://defence-blog.com/>
15. Krasnomovets, P. (2022). Attention! Emergency alert! SESU applied the new system for the first time in a real threat. How it works. *Forbes Ukraine*. URL: <https://forbes.ua>
16. Nesenjuk, A. (2023). Where is the alert? SESU has not yet provided a full-fledged emergency alert system – replaced by Telegram channels and volunteer apps. *Forbes Ukraine*. URL: <https://forbes.ua>
17. Frontliner. (2025). Alarm in your pocket: Evolution of Ukraine’s emergency alert system. URL: <https://frontliner.ua>
18. Suspilne News – Lviv (Karnaukh, N.). (2022). Disruptions in the alert system: how to know about an air raid in Lviv region. *Suspilne*. URL: <https://suspilne.media>
19. Stfalcon & Ajax Systems. (2022). “Air Alert”: Development of the threat alerting app. *Stfalcon Blog*. URL: <https://stfalcon.com>
20. UNDRR. (2023). The Common Alerting Protocol (CAP) – International emergency alert standard. *United Nations Office for Disaster Risk Reduction*. URL: <https://www.undrr.org>
21. FEMA. (2021). Common Alerting Protocol (CAP). *IPAWS Technical Resources*. URL: <https://www.fema.gov>
22. FEMA. (2025). Integrated Public Alert & Warning System (IPAWS). URL: <https://www.fema.gov>
23. Vlach-Vyhrynovska, H. I., & Rudyy, Y. P. (2025). Air Raid Alert Mesh Network System: Key Provision. *Electronics and Control Systems*, 2 (84), 57–62. <https://doi.org/10.18372/1990-5548.84.20194>
24. Nokia. (2023). Build a PWS for a mobile world – Modernize your Public Warning System to comply with EU directives. URL: <https://www.nokia.com>
25. EENA. (2022, June 21). The majority of EU countries are still not complying with the EECC. URL: <https://eena.org>
26. Van Dijcke, D., Wright, A. L., & Polyak, M. (2023). Public response to government alerts saves lives during Russian invasion of Ukraine. *PNAS*, 120 (18), <https://doi.org/10.1073/pnas.2220160120>
27. Lapowsky, I. (2023). How a security startup’s air-raid alert app is saving lives in Ukraine. *Fast Company*. URL: <https://www.fastcompany.com/90922662>
28. Ajax Systems. (2022). Air Alert 3.0: official alert map and API of the application – new from Ajax Systems, Stfalcon, and Ministry of Digital Transformation. URL: <https://ajax.systems>

## ІНТЕГРАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ЇХ ОРГАНАМИ ТА ПІДРОЗДІЛАМИ СЛУЖБИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ПІД ЧАС РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ ТА ПРОВЕДЕННЯ ПОШУКОВО РЯТУВАЛЬНИХ РОБІТ

### Андрій ГАВРИСЬ

заступник начальника кафедри цивільного захисту Львівського державного університету  
безпеки життєдіяльності,  
Navrys.and@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2527-7906

### Ілля ЖИДЕНКО

начальник кафедри безпілотних систем та робототехніки Львівського державного  
університету безпеки життєдіяльності,  
Zhidenkoillya@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7219-0024

### Назар ШТАНГРЕТ

доцент кафедри безпілотних систем та робототехніки Львівського державного університету  
безпеки життєдіяльності,  
shtangretnazar1993@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0566-2460

### Мар'ян ЛАВРІВСЬКИЙ

старший викладач кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки  
життєдіяльності,  
pozarnik911@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8267-1996

### Андрій ВЕЛИКИЙ

старший викладач кафедри безпілотних систем та робототехніки Львівського державного  
університету безпеки життєдіяльності,  
velikiy19921014@gmail.com, ORCID: 0009-0002-5987-9745

### Олександр ЛЮБОВЕЦЬКИЙ

старший викладач кафедри цивільного захисту Львівського державного університету безпеки  
життєдіяльності,  
oleksanrdsns.lv@gmail.com, ORCID: 0009-0007-7904-9091

### Владислав РУЖИН

викладач кафедри безпілотних систем та робототехніки Львівського державного  
університету безпеки життєдіяльності,  
vladyslavrzhyn@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7353-8731

**Мета дослідження:** на сьогодні дедалі актуальнішою стає проблема забезпечення безпеки територій та захисту їх від масштабних надзвичайних ситуацій (НС). Для якісного проведення моніторингу та спостереження працівники цивільного захисту почали залучати безпілотні літальні апарати, які надходять на чергування в підрозділи Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України).

Метою є дослідити проблемні аспекти та розробити рекомендації для ефективної та якісної інтеграції технологій безпілотних літальних апаратів в практичну діяльність підрозділів цивільного захисту.

**Методи дослідження:** розгляд проблемних аспектів та розробка рекомендацій щодо ефективної та якісної інтеграції технологій безпілотних літальних апаратів (БПЛА) у практичну діяльність підрозділів цивільного захисту. Проаналізовано функції структурних підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій щодо залучення безпілотних літальних

апаратів для прогнозування ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій та моніторингу об'єктів підвищеного ризику. У розділі розглянуто статистичні дані щодо розподілу безпілотних літальних апаратів по країні у підрозділах Державної служби України з надзвичайних ситуацій, а також розроблено блок-схему типів безпілотних літальних апаратів, що використовуються оперативно-рятувальними підрозділами Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

**Результати:** в розділі проаналізовано функції структурних підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій щодо залучення безпілотних літальних апаратів для прогнозування ймовірностей виникнення надзвичайних ситуацій та моніторингу небезпечних ситуацій, що в свою чергу позитивно вплине на час реагування на надзвичайну ситуацію, а також дасть можливість моніторити надзвичайну (небезпечну) ситуацію в режимі реального часу.

Результатом дослідження є запропонований ряд рекомендаційних заходів, що покращать інтеграцію системи безпілотних літальних апаратів у практичну діяльність підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

**Теоретична цінність дослідження:** теоретична цінність дослідження полягає у систематизації та поглибленні наукових уявлень про особливості функціонування системи реагування на надзвичайні ситуації в умовах збройного конфлікту. У межах роботи розроблено концептуальну модель взаємодії між органами влади, службами цивільного захисту, військовими структурами та громадським сектором у кризових умовах. Розкрито специфіку адаптації існуючих механізмів управління надзвичайними ситуаціями до умов воєнного часу, що сприяє розвитку науково-практичної бази з кризового менеджменту, безпекових студій та цивільного захисту. Отримані теоретичні узагальнення можуть бути використані для подальших наукових досліджень, створення навчальних програм, а також розробки стратегічних документів у сфері національної безпеки та реагування на кризові події.

**Оригінальність:** інтегровано кількісні та якісні методи оцінки професійної підготовки фахівців у контексті воєнних та техногенних ризиків в Україні; унікальність підходу полягає в поєднанні міжнародних стандартів НАТО/ЄС із локальними умовами та реаліями сучасної війни.

**Практична цінність дослідження:** озвучені методичні рекомендації та інструментарій оцінки (опитувальник, гайд-інтерв'ю, SWOT-аналіз) можуть бути використані університетами й практичними службами для розробки та вдосконалення власних програм підвищення кваліфікації.

**Ключові слова:** цивільний захист, екологічна безпека, зовнішній пілот, місце події, надзвичайна ситуація.

## INTEGRATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLE TECHNOLOGIES AND THEIR USE BY CIVIL PROTECTION AUTHORITIES AND UNITS DURING EMERGENCY RESPONSE AND SEARCH AND RESCUE OPERATIONS

**Andriy HAVRYS**

Deputy Head, Department of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety,  
havrys.and@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2527-7906

**Ilia ZHYDENKO**

Head of the Department of Unmanned Systems and Robotics, Lviv State University of Life Safety,  
Zhidenkoillya@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7219-0024

**Nazar SHTANGRET**

Associate professor of the Department of Unmanned Systems and Robotics, Lviv State University of Life Safety,  
shtangretnazar1993@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0566-2460

**Marian LAVRIVSKYI**

Senior Lecturer, Department of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety,  
pozarnik911@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8267-1996

**Andrii VELYKYI**

Senior Lecturer, Department of Unmanned Systems and Robotics, Lviv State University of Life  
Safety,  
velikiy19921014@gmail.com, ORCID: 0009-0002-5987-9745

**Oleksandr LIUBOVETSKYI**

Senior Lecturer, Department of Civil Protection, Lviv State University of Life Safety,  
oleksanrdsns.lv@gmail.com, ORCID: 0009-0007-7904-9091

**Vladyslav RUZYN**

Lecturer, Department of Unmanned Systems and Robotics, Lviv State University of Life Safety,  
vladyslavruzyn@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7353-8731

**Purpose:** today, the problem of ensuring safety of territories and protecting them from large-scale emergency situations is becoming more and more urgent. For high-quality monitoring and surveillance, civil protection workers began to use unmanned aerial vehicles, which are assigned to units of the State Emergency Service of Ukraine.

**Methods:** investigate problematic aspects and develop recommendations for the effective and high-quality integration of unmanned aerial vehicle technologies into the practical activities of civil protection units.

The article analyses the functions of structural subdivisions of the State Emergency Service of Ukraine regarding the involvement of unmanned aerial vehicles for forecasting the probabilities of emergency situations and monitoring high-risk objects. Statistics on the distribution of UAVs across the country in units of the State Emergency Service of Ukraine were considered in the work, as well as a block diagram of the type of UAVs used by operational and rescue units of the State Emergency Service of Ukraine was developed.

**Results:** the article analyses the functions of the structural units of the State Emergency Service of Ukraine regarding the involvement of unmanned aerial vehicles to predict the likelihood of emergency situations and monitor dangerous situations, which in turn will positively affect the response time to an emergency situation, as well as provide the opportunity to monitor an emergency (dangerous) situation in real time.

The result of the research is a proposed series of recommended measures that will improve the integration of the system of unmanned aerial vehicles into the practical activities of the units of the State Emergency Service of Ukraine.

The authors suggested the use of a man-made and natural dark room for the operator's work in emergency situations, as well as the maximum use of thermal imaging cameras to detect ignition sources and people in the open area.

**Theoretical Value:** the theoretical value lies in the systematization and enhancement of scientific understanding regarding the functioning of emergency response systems during armed conflict. The study proposes a conceptual model of interaction among government authorities, civil protection services, military structures, and the public sector in crisis conditions. It reveals the specifics of adapting existing emergency management mechanisms to wartime conditions, contributing to the scientific and practical foundation of crisis management, security studies, and civil protection. The theoretical insights can be used for further scientific research, the development of educational programs, and the formulation of strategic documents in the field of national security and crisis response.

**Practical Value:**

**Originality:** the study integrates quantitative and qualitative methods for assessing the professional preparedness of specialists in the context of military and technological risks in Ukraine.

The uniqueness of the approach lies in combining NATO/EU international standards with local conditions and the realities of modern warfare.

**Practical significance:** the presented methodological recommendations and assessment tools (questionnaire, guided interview, SWOT analysis) can be used by universities and emergency services to develop and improve their own professional development programs.

**Keywords:** civil protection, environmental safety, operator; scene, emergency situation.

Використання безпілотних літальних апаратів з кожним роком набуває все ширшого і ширшого призначення. На сьогодні безпілотні системи, що до того використовувалися лише в цивільних цілях, отримали подальший розвиток у використанні в специфічних умовах таких як військові операції та пошуково-рятувальні роботи.

Окремим витком розвитку стало використання БПЛА в підрозділах ДСНС України. Відповідно до Наказу ДСНС України [1] визначено функції самостійних структурних підрозділів апарату ДСНС України, територіальних органів ДСНС України, підрозділів центрального підпорядкування апарату ДСНС України та закладів освіти при використанні таких систем.

До прикладу, для Департаменту запобігання надзвичайним ситуаціям відповідно до покладених на нього завдань визначено, що БПЛА може залучатися для: прогнозування ймовірностей виникнення пожеж, паводків, зсувів, селів тощо; моніторингу потенційно небезпечних територій; перевірки потенційно небезпечних об'єктів; оповіщення населення про небезпеку НС; розслідування причин надзвичайних ситуацій та пожеж.

Для Департаменту реагування на надзвичайні ситуації застосування визначено як: моніторинг та обстеження під час організації реагування на НС, пожежі та інші небезпечні події; аварійно-рятувальні роботи; пошукові операції; навчання та тренування. Для Департаменту організації заходів цивільного захисту визначено застосування при: плануванні та інспектуванні фонду захисних споруд цивільного захисту; моніторингу та контролю радіаційної, хімічної обстановки та стану повітря; супроводженні заходів у режимах карантину, епідемічної та епізоотичної обстановки; здійсненні сигнального та мобільного оповіщення населення; санітарній обробці об'єктів та територій.

Для виконання вище викладених завдань в період 2023-2024 років підрозділи ДСНС України суттєво доукомплектувалися БПЛА як за рахунок державних закупівель, так і гуманітарної та волонтерської допомоги. Станом на 30 грудня 2024 року в пожежно-рятувальних підрозділах на балансі перебуває 778 БПЛА. Загальний розподіл БПЛА по регіонах показано на рисунку 1.

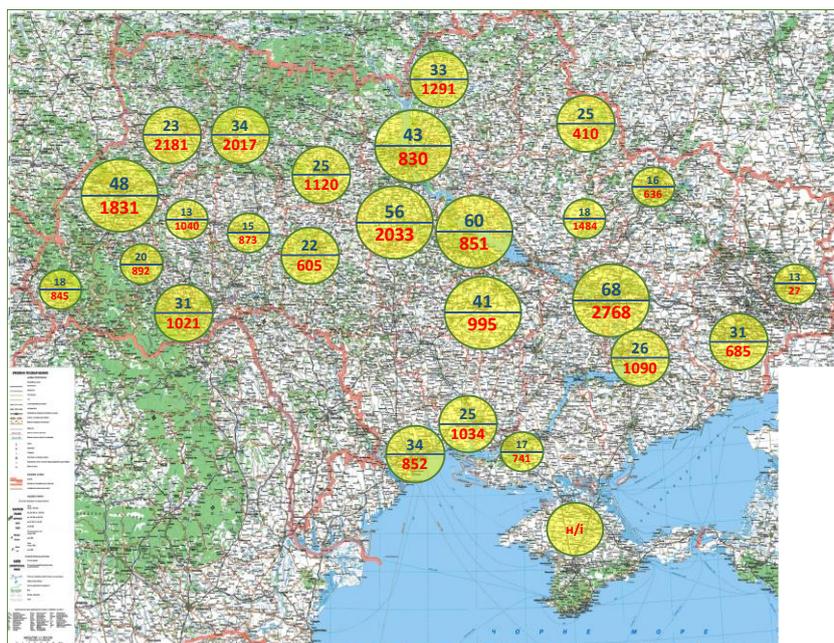


Рисунок 1 – Загальна кількість БПЛА в підрозділах ДСНС України та їх застосування (розподіл по областях)

Як бачимо на рисунку зображено числа, де чисельник – це кількість БПЛА в області, а знаменник – це залучення їх в оперативній роботі станом на 31 грудня 2024 року. Найбільше БПЛА знаходиться на балансі Київської області (56 одиниць), м. Київ (43 одиниці), а найменше в Хмельницькій (15 одиниць), Тернопільській, Луганській областях (13 одиниць).

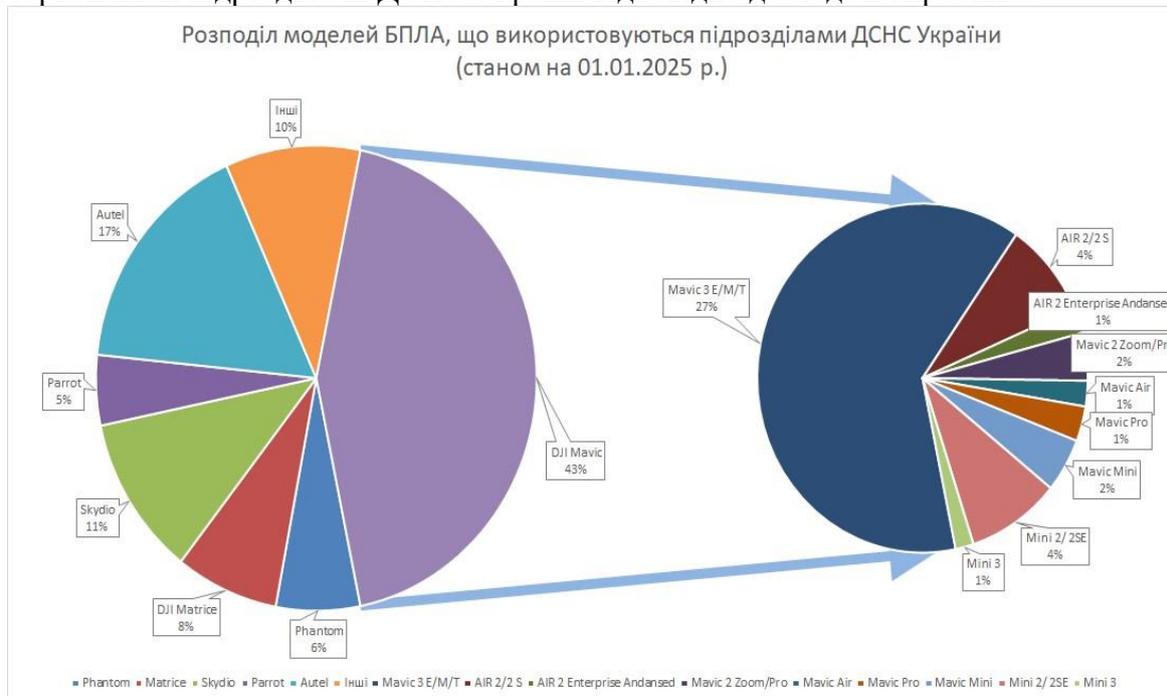
Щодо застосування БПЛА, то найбільше їх використовувалось в Черкаській, Житомирській, Дніпропетровській, Запорізькій, Львівській, Волинській, Чернівецькій, Миколаївській та Полтавській областях. Проте, слід відмітити що є області, де БПЛА застосовувались найменше – це Сумська (410 разів), Вінницька (605 разів), Донецька (685 разів), Закарпатська (845 разів), Луганська (27 разів).

Відповідно до [1] з метою забезпечення якісного виконання робіт та отримання повної інформації по ситуації рекомендується здійснювати комплектування територіальних органів ДСНС України:

–БПЛА з ємністю батареї не менше 4900 мАг, з тепловізійною камерою або камерою нічного бачення, лазерним далекоміром, трьома змінними блоками живлення – 1 од.;

–БПЛА з ємністю батареї не менше 5000 мАг та трьома змінними блоками живлення – 2 од.

Проте не завжди виходить дотримуватися цих рекомендацій. Оскільки джерела постачання безпілотних літальних апаратів різні, відповідно й типи і номенклатура їх відрізняються по підрозділах. На рисунку 2 наведено розподіл БПЛА, що використовуються територіальними підрозділами ДСНС України відповідно до моделі виробника.



**Рисунок 2** – Розподіл моделей БПЛА, що використовуються підрозділами ДСНС України

Як бачимо, найбільш використовувана модель на сьогоднішній день – це Mavic 3 виробника DJI.

З такою кількістю та широким спектром моделей, що уже використовуються в підрозділах ДСНС України постає питання якісної інтеграції цих технологій в практичну діяльність підрозділів цивільного захисту.

#### Методи дослідження.

Підрозділи ДСНС України використовують 20 найменувань різноманітних моделей БПЛА. Проте різнотипність та необізнаність особового складу підрозділу, специфіка експлуатації кожної моделі та їх можливе використання в екстремальних умовах викликає питання якісної інтеграції технологій безпілотних літальних апаратів в практичну діяльність підрозділів цивільного захисту.

В роботі необхідно дослідити проблемні аспекти та розробити рекомендації для ефективної та якісної інтеграції технологій безпілотних літальних апаратів в практичну діяльність підрозділів цивільного захисту.

Стан вивчення питання. Питання інтеграції технологій безпілотних літальних апаратів не є новою. В різних галузях господарства, де БПЛА починали використовуватися вперше виникали ті ж проблемні питання, що зараз виникають і в підрозділах ДСНС України.

В праці [2, 3] автори розглянули випадок використання безпілотних літальних апаратів в якості мобільного М2М-шлюзу БВСМ (безпроводових всепроникаючих сенсорних мереж) в рамках розподіленої системи керування та описали проблеми, які виникали у інженерів під час впровадження проектів з розширення доступу до інтернету з використанням БПЛА.

В роботах [4-6] наведено особливості з якими стикнулися користувачі при застосуванні БПЛА в аграрній сфері. Автори у цьому дослідженні розглянули останні тенденції та застосування провідних технологій, пов'язаних із сільськогосподарськими БПЛА, технологіями керування, обладнанням і розробками. Окреслили використання БПЛА в реальному сільськогосподарському середовищі та в подальшій перспективі, а також їхні проблеми інтеграції цих систем в реальних умовах.

Автори праць [7,8] представляють огляд безпілотних літальних апаратів і репрезентують колекції тематичних досліджень, які показують, як ці системи можуть застосовуватися в різних інженерно-геологічних видах діяльності та середовищах. Окремо описано особливості застосування БПЛА в рамках інженерної геології та проблеми які з цим виникають.

Усі вищеописані особливості та проблеми інтеграції систем БПЛА в різноманітні галузі є подібними, наприклад в агросфері та інженерній геології виникли схожі проблеми, проте сфера цивільного захисту населення є більш специфічна і потребує додаткових рішень.

Частково специфіка застосування БПЛА у сфері діяльності підрозділів цивільного захисту розглядається в роботах [9–18]. Так, наприклад в [9,10] розглядаються перспективи використання БПЛА в реагуванні на надзвичайні ситуації загалом, в [11, 12] використання БПЛА при виверженні вулкана та моніторингу лісових пожеж, в [13,14] – при відстеженні селевих потоків, в [15] – при моніторингу зсувів, в [16] – при прогнозуванні висоти снігозалежання в гірських місцевостях, в [17, 18] – при затопленнях території, в [19] – при аваріях на хімічно-небезпечних об'єктах, а в [20, 21] – для оцінки збитків та результатів ліквідації надзвичайної ситуації.

Проте всі вищезгадані праці не враховують особливостей організації служби, функціональних обов'язків, характеру дій та правил, яких потрібно дотримуватися в підрозділах ДСНС України, що і викликає проблеми з інтеграцією технологій безпілотних літальних апаратів в практичну діяльність підрозділів цивільного захисту.

Матеріали і методи. Такий темп постачання та нагальності використання безпілотних літальних апаратів в аварійно-рятувальній справі зумовив розробку програми підготовки зовнішніх пілотів БПЛА ДСНС України.

На сьогодні навчання та підвищення кваліфікації зовнішніх пілотів БПЛА рекомендовано здійснювати на базі Львівського державного університету безпеки життєдіяльності відповідно до Програми підготовки зовнішніх пілотів безпілотних авіаційних комплексів (БПАК) І класу мікро (тактичні) з безпілотними літальними апаратами мультироторного типу.

Крім того передбачено, що у випадках, коли зовнішні пілоти БПЛА будуть потребувати підвищення кваліфікації, спеціалізованого навчання та додаткових знань, що не можливо здійснити на базі Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, зовнішні пілоти БПЛА можуть проходити навчання в інших закладах освіти та навчальних центрах.

Але цій програмі підготовки слід вирішити ряд проблем, що будуть чекати зовнішніх пілотів БПЛА безпосередньо на місцях виконання службових обов'язків. Тому автори, проаналізувавши досвід підготовки зовнішніх пілотів БПЛА за кордоном, виокремили ключові проблеми інтеграції цієї технології в практичну діяльність підрозділів ДСНС України.

Виклад основного матеріалу. Інтеграція нових технологій у процесі швидкого реагування може створити проблеми, особливо це стосується тих випадків, коли сама технологія є новою, а варіанти її використання та тактичні можливості все ще досліджуються.

Основним питанням, яке постає перед підрозділом коли йому на озброєння надходить дрон, є: як його інтегрувати у практичну діяльність? А далі виникають інші питання:

- Хто буде зовнішнім пілотом БПЛА і наскільки великою буде екіпаж БПАК?
- Де буде зберігатися БПЛА до використання?
- Хто і як буде транспортувати його до місця інциденту?
- Коли потрібно застосовувати БПЛА?
- Як буде передаватись інформація під час надзвичайної ситуації?
- Чи використовуватиметься БПЛА, як єдиний пристрій для огляду з повітря?
- Як він повинен рухатися при несприятливих погодних умовах?
- Яка повинна бути підготовка зовнішніх пілотів БПЛА?
- Які нормативні вимоги існують до використання БПЛА?

І це не всі питання, які виникають при прийнятті БПЛА на службу цивільного захисту. Узагальнивши досвід підготовки зовнішніх пілотів БПЛА у сфері цивільного захисту автори пропонують певні рекомендації щодо їхнього застосування і повсякденного користування.

**Навчання.** Правильне розуміння апаратного та програмного забезпечення, а також того, як ним користуватися, є фундаментальним фактором успіху. З метою ефективного використання обладнання і технології, необхідно налагодити належний навчальний процес. Крім того, щоб зберегти майстерність, різні сценарії навчання необхідно виконувати протягом року, щоб імітувати сценарії реального життя. Це питання вже передбачено в Методичних рекомендаціях з використання безпілотних літальних апаратів підрозділами ДСНС України, де прописано, що з метою підтримки та вдосконалення навичок зовнішніх пілотів (операторів) БПЛА, рекомендується не рідше одного разу на два тижні організовувати та проводити навчально-тренувальні польоти в підрозділах ДСНС України.

Такі навчально-тренувальні польоти рекомендовано не лише для зовнішніх пілотів БПЛА, а також для візуальних спостерігачів, керівників ліквідації надзвичайних ситуацій, щоб дізнатися про техніку, її можливості, випадки використання, в тому числі отримання даних (запис відео/зображення, передача відео в прямому ефірі, інші можливі джерела даних), обслуговування і зберігання інформації.

Навчально-тренувальні польоти слід проводити на відкритих і широких злітно-посадкових майданчиках, подалі від людей, будівель і дерев.

Якщо зовнішній пілот БПЛА новачок у цій технології, дуже важливо ознайомитися насамперед з її функціями. Базові навички польоту є абсолютним стартом перед будь-яким подальшим навчанням.

Заклади вищої освіти з підготовки служб швидкого реагування почали створювати та викладати спеціальні навчальні програми на основі потреб служби цивільного захисту. Ці навчальні програми дозволяють отримати практичний досвід пілотування, а також розглянути багато питань і сценаріїв тактичного підходу.

**Обладнання.** Мінімальна конфігурація БПЛА для служби цивільного захисту повинна забезпечувати таке:

- надійна платформа з системою резервування, тобто подвійні ІВБ (інерційні вимірвальні блоки, та електронний пристрій, який вимірює та повідомляє про питому силу та кутову швидкість та дозволяє БПЛА працювати, коли немає GPS), подвійний компас, подвійний акумулятор, тощо;
- системи GPS і GLONNAS;
- вбудовані системи камер, бажано модульні, з можливостями прямої трансляції у форматі HD формат;
- інтегрований SDK (набір для розробки програмного забезпечення), щоб можна було писати спеціальні програми для допомоги операторам.

Наприклад, додаток DJI/DroneSAR Search and Rescue, Drone Deploy для 2D і 3D картографування тощо.

Наступні функції розширюють можливості БПЛА і не вважаються частиною мінімальних конфігурацій;

- можливість встановлення додаткового обладнання, яке може бути використане для доставки рятувального жилету, аптечки першої допомоги, ковдри або радіо під час пошуково-рятувальної місії;
- освітлення для нічних польотів.

**Результати дослідження.** Знімання потокового відео в реальному часі. Під час досліджень було визначено, що можливість транслювати відео з місця подій у прямому ефірі є важливим аспектом.

Проблема полягає в тому, що якщо лише зовнішній пілот БПЛА бачить відео в реальному часі, зовнішній пілот (оператор) №2 повинен опрацювати усі відеоматеріали та дані, а потім передати дані та інформацію безпосередньо відділенням, що прибули на місце події. Це відволікає зовнішнього пілота (оператора) №2 від зовнішнього пілота БПЛА, що виконує завдання, і може призвести до тактичних проблем з використання БПЛА. Крім того, спілкуючись і даючи опис візуальних підказок керівнику з ліквідації надзвичайної ситуації зовнішній пілот (оператор) №2 не тільки уповільнює процес, але і може призвести до помилок зовнішнього пілота БПЛА і втрати безпілотного літального апарата.

Альтернативою вирішення цієї проблеми є використання додатка DJI Go, що дозволяє відтворювати в прямому ефірі або майже в реальному часі транслювати відео на Google Meet. Шляхом створення приватного каналу, оперативно-рятувальне відділення може переглядати відео, перейшовши на цей приватний канал (через веббраузер). Оригінальний відзнятий матеріал продовжує зберігатися на карті мікро SD на повітряному судні, яку можна отримати після польоту.

Ще одним варіантом є наявність у зовнішнього пілота БПЛА, рюкзака із кількома стільниковими модемами, які отримують дані від радіоконтролера БПЛА через вихід HDMI і транслюють їх на конкретний сервер. Ця технологія використовується в Пожежній службі Копенгагена.

Ще деякі рішення можна застосовувати через DJI SDK (Software Development Kit), і вони можуть включати можливість транслювати відеопотік на додаткові платформи.

Тактичні прийоми. Різні види, характери надзвичайних ситуацій та сценарії реагування на них потребують різного тактичного підходу щодо того, як використовуватиметься БПЛА. Крім того, залежно від місцевості, мети та місії та польоту.

Наприклад, під час пожежі багатопверхового будинку зовнішній пілот БПЛА може просто вибрати фіксоване положення вище і трохи збоку від інциденту, щоб отримати загальний огляд. В такому положенні можна надавати дані за допомогою звичайної або тепловізійної камери. Зовнішній пілот БПЛА слідкує за напрямом диму та намагається завжди триматися на безпечній відстані від диму, регулюючи розташування або висоту.

Однак якщо метою є отримання більш детального огляду місця події, зовнішній пілот БПЛА може здійснити обліт по колу, наприклад, встановити точку інтересу. БПЛА у цьому режимі польоту буде облітати зону дослідження, тримаючи камеру спрямованою в центр.

Це дозволяє зовнішньому пілоту БПЛА спостерігати за місцем події з усіх боків.

Так само під час пошуково-рятувальних операцій. Існує кілька способів виконання місії в залежності від обстановки та місцевості. Зовнішньому пілоту БПЛА потрібно враховувати висоту місцевості та наявність лісових насаджень при здійсненні польотів у гірській місцевості.

**Використання тепловізійної камери.** Чітко видимий сяючий тепловий слід серед маси снігу чи води може врятувати життя людини. Теплові датчики можуть бачити в повній темряві, бачити крізь дим, туман, може вимірювати температуру безконтактним методом і робити визначення на відстані, зменшуючи атмосферні перешкоди, забезпечуючи кращий контраст, що є ідеальною платформою для ефективної аналітики та постійного виявлення газових викидів.

Під час навчально-тренувальних польотів було визначено, що в певних умовах тепловізор показував результати з багатьма помилковими тепловими слідами. Пояснювалося

це тим, що програма DJI Go була надто складною для використання відповідною тепловізійною камерою. Проте, компанія DJI розробила внутрішню автономну програму під назвою «DJI Hotshot» для використання з тепловізійною камерою DJI XT. Додаток забезпечує набагато простіший підхід і дисплей користувача з більшими кнопками та повзунками для налаштування камери тепловізора та налаштування ізотерми, що значно спрощує та пришвидшує набір температурних діапазонів.

Додатковим завданням під час польоту з тепловізором є збереження ситуаційної обізнаності і орієнтація. Через те, що тепловізор використовує інфрачервоне випромінювання замість використання видимого світла, як на звичайних відеокамерах, знайоме оточення може виглядати зовсім по-іншому. Використання телеметрії DJI стає ще більш корисним під час польотів з тепловізійною камерою.

Вибір відповідного розміру лінзи XT є ще одним важливим фактором.

Тепловізійна камера з найвищою роздільною здатністю, яку пропонує DJI, 640x512 FPA (цифровий відеодисплей). Розмір формату, чотири варіанти об'єктива; 7,5 мм, 9 мм, 13 мм і 19 мм. Хоча камера також пропонує цифрове збільшення 2x, 4x і 8x, менші варіанти об'єктивів (7,5 мм і 9 мм) здаються більш зручними завдяки розміру лінзи, оскільки він забезпечує ширше поле зору.

Дані з тепловізійної камери. Залежно від налаштувань тепловізійної камери перегляд реальних даних під час надзвичайної ситуації може призвести до відображення великої кількості даних. Це особливо помітно, коли зовнішній пілот БПЛА не знайомий з функціоналом і способами відображення даних з тепловізійних камер.

Тепловізори мають різні попередньо встановлені палітри з різними кольорами, які використовуються для відображення різниці температур на тепловому зображенні, пов'язані з інтенсивністю градацій сірого. Однак, ці палітри можуть показувати забагато даних, даних за межами діапазону корисних температур. Ось наприклад джерела тепла всередині конструкції у двох різних видах. Перший вигляд – стандартний Fusion перегляд палітри. На другому зображенні використовуються налаштування ізотерми, що дозволяє легше переглядати та аналізувати теплові дані, оскільки він одразу показує гарячу точку. Ізотерма – це інструмент аналізу який має певний температурний діапазон, який відрізняється від інших.

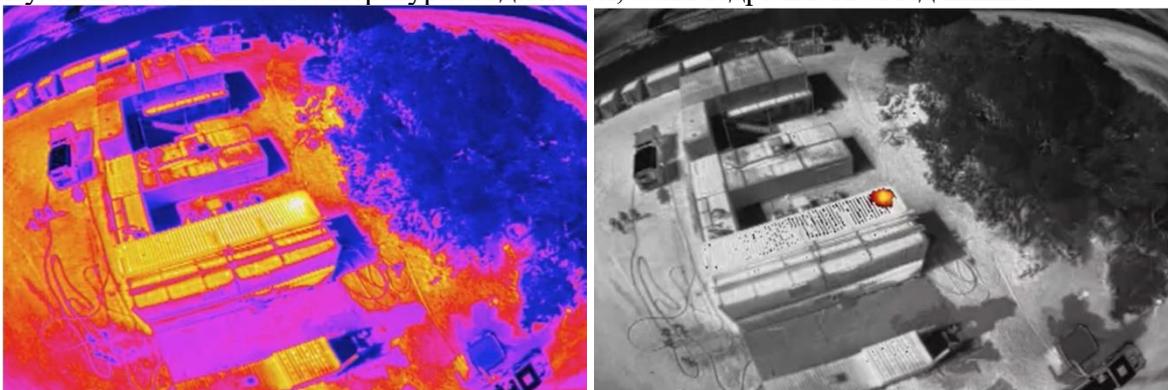


Рисунок 3 – Стандартний вигляд палітри та вигляд за допомогою ізотерми [22]

**Використання БПЛА перед надзвичайною ситуацією.** За можливості потрібно підготуватися до надзвичайних подій, таких як пожежа або затоплення, створюючи актуальні 2D, 3D або карти висот завчасно. За допомогою SDK для картографування (тобто DroneDeploy, Propeller, Pix4D тощо) і платформи Mavic 3T, області або будівлі можна нанести на карту з повітря. Ці карти не тільки актуальніші, ніж Google Satellite, але також пропонують вищу роздільну здатність і дозволяють проводити дуже точні вимірювання.

Ця функція може надати цінні дані тим, хто першим прибуває на місце інциденту, ще до того, як він пошириться на більшу територію.

**Використання БПЛА після інциденту.** Подібним чином БПЛА із програмами для картографування також можна використовувати для судової експертизи чи збору доказів після надзвичайних ситуацій. Наприклад, після пожежі в будівлі або повені дрон може допомогти не

лише для отримання відео та фотографій місця події, але також для збору надвисоких роздільних даних чи фотограмметрії для 2D і 3D картографування.

Використання БПЛА для картографування та візуалізації до і після події пропонує додаткові переваги.

**Використання кількох БПЛА.** Використання декількох БПЛА не є рідкістю. Вони або літають по одному (залежно від потреб місії, загального розташування та погодних умов) або кілька одночасно знаходяться в повітрі (наприклад, для пошуку та виконання рятувальних завдань). На даний момент використання декількох БПЛА може створити додаткові проблеми, від потенційних перешкод на траєкторії польоту до накладання відеосигналу або перебоїв в керуванні безпілотниками.

**Перспективні розробки.** Для вирішення практичних проблем з використання БПЛА конструкторські бюро та програмісти постійно працюють над удосконаленням функціоналу безпілотників, тому потрібно слідкувати за новинками та оновленнями, які можуть бути корисними і для використання у завданнях служби цивільного захисту.

З боку програмного забезпечення розробляються більш оптимізовані платформи SDK, які дозволяють створювати потужніші програми і рішення SDK. Поєднання апаратного та програмного забезпечення удосконалення дозволять майбутнім платформам виконувати більш складні завдання, використовувати більше автономних функцій та надавати більше корисних даних у реальному часі зовнішньому пілоту БПЛА та іншій команді.

У майбутньому планується розробити більш інтегровані платформи, що виявлятимуть інші БПЛА та уникатимуть перешкод від них, але також виявлення інших об'єктів у повітрі. Майбутні платформи будуть мати можливість надсилати та отримувати інформацію про місцезнаходження інших БПЛА і створюватиметься так званий ефект «рою», що дасть можливість сканувати території на пошук зниклої людини одночасно і швидше покриваючи більшу площу.

#### **Використання геоінформаційних систем в БПЛА для моніторингу лісових пожеж**

Надзвичайні ситуації, зокрема пожежі, є серйозною проблемою для багатьох країн світу. Тому цілком природно, що у суспільстві існує безпосередня зацікавленість у зниженні вірогідності виникнення пожеж і зменшенні шкоди від них. Отже, пожежна безпека є невід'ємною частиною державної діяльності щодо охорони життя та здоров'я людей і навколишнього природного середовища.

Сьогодні частка пожеж природного характеру становить близько 7%-8%, тобто виникнення більшої частини лісових пожеж пов'язане з діяльністю людини. Отже, існує гостра потреба роботи протипожежних служб, контролю над дотриманням безпеки праці.

Лісовий фонд України майже на 50 % складається з хвойних лісів, з яких 60 % займають молоді ліси. Залісненням на сотнях тисяч гектарів створені соснові насадження, які досягли віку 15—30 років, а це критичний період у пожежному плані.

Адекватною відповіддю на стрімке зростання всього спектра небезпек має бути таке саме зростання потенціалу самозахисту й управління ризиками. Однією зі складових системи управління ризиками є створення потужної системи моніторингу, авіаційна компонента якої може бути найефективнішою серед існуючих.

Однак нові виклики для авіації ДСНС України, пов'язані зі зростанням на території України кількості надзвичайних ситуацій природного й техногенного характеру, вимагають і адекватної реакції для швидкої їх локалізації та своєчасної ліквідації наслідків. Це може бути значною мірою здійснено із застосуванням як пілотованої, так і безпілотованої авіації, особливо для оперативного або цілодобового моніторингу лісів [25].

Впровадження сучасних геоінформаційних систем розширює можливості оцінки лісового фонду шляхом формування різних тематичних карт, отримання різноманітної довідкової інформації, прогнозування динаміки лісового фонду за різних сценаріїв організації лісгосподарського виробництва, побудови поверхонь і розрізів рельєфу і дасть змогу забезпечити стале управління лісами на всіх рівнях [5].

Безпілотний літальний апарат – складова частина безпілотного авіаційного комплексу (БАК), до складу якого належать: літальний апарат (ЛА); спеціальне бортове спорядження; наземні системи керування, пуску та посадки.

На сьогодні подібні технології вже стають загальнодоступними для безлічі споживачів, і відповідно від БПЛА починають вимагати виконання більш специфічного спектру завдань.

На думку експертів, безпілотна авіація найближчим часом почне домінувати над пілотованою. Такий розвиток цього класу авіатехніки обумовлений специфічними рисами, реалізація яких дозволяє отримати суттєву перевагу над пілотованою авіацією для широкого спектру завдань. Основними властивостями БПЛА є:

- невелика висота знімання – можливо виконувати знімання на висотах від 10 до 200 метрів для отримання надвисокого розпізнання (одиниці й десяті сантиметра) місцевості [26];

- мобільність – не потрібні аеродроми або спеціально підготовлені злітні майданчики, БПЛА легко транспортується легковими автомобілями (або переносяться вручну), відсутня складна процедура дозволів і узгодження польотів [26];

- висока оперативність – весь цикл, від виїзду на знімання до одержання результатів, займає кілька годин [26];

- значно менша вартість;

- екологічна чистота польотів – використовуються малопотужні бензинові або безшумні електричні двигуни, забезпечується практично нульове навантаження на навколишнє середовище [26];

- здатність перебування у високих ступенях готовності практично необмежений час;

- здатність функціонувати в умовах високого радіоактивного, хімічного і бактеріологічного забруднення повітря і місцевості, а також при несприятливих метеоумовах.

Отже, БПЛА у використанні для виявлення реальних і потенційних проблем лісу, серед яких можна виділити лісові пожежі, є недорогою альтернативою традиційному зніманню з літаків, гелікоптерів та супутників. БПЛА також можуть застосовуватись під час відновлення лісу після подібних подій, у тому числі при розробці «цифрового макета» – інтерактивної карти, що наочно демонструє поточний стан лісу.

Принцип дії БПЛА є найбільш оптимальним, завдяки швидкому надходженню інформації, що спонукає до своєчасної адекватної реакції локалізації та ліквідації наслідків.

Таким чином, одним із дієвих шляхів підвищення безпеки лісів є оснащення безпілотним авіаційним комплексом у складі БПЛА, які дозволять забезпечити надходження актуальної інформацією про стан гасіння лісової пожежі, навколишнього середовища в зоні пожежі (НС), надійним покриттям і зв'язком з ПЗЧ.

Отже, використання сучасних засобів геоінформаційних систем і технологій забезпечує комплексне відображення різномірних і пов'язаних процесів формування і розвитку надзвичайних ситуацій різного походження. Це створює можливості для випереджувального реагування на небезпеку виникнення надзвичайних ситуацій, на відміну від традиційного реагування на наслідки їх прояву.

#### **Застосування БПЛА під час ліквідації пожеж у природних екосистемах у період воєнного стану**

Лісові пожежі стали глобальною проблемою, адже щороку згорає все більше їх територій на планеті. Лісові пожежі класифікуються як природні катастрофи, але лише 10-15% трапляються природно. Решта 85-90 % є наслідком діяльності людини, включаючи пожежі, залишені без нагляду, викинуті недопалки та підпали [1].

Згідно з даними Державної служби статистики України, на території лісового фонду країни протягом 1990–2021 років виникло 109,4 тис. пожеж на загальній площі 141,8 тис. га. Середня, за останні 30 років, площа однієї пожежі становить 1,3 га. За період незалежності України вогнем пошкоджено 4,7 млн куб. м деревини на корені, або 170 тис. куб. м щорічно [2].

Використання безпілотних літальних апаратів для ліквідації пожеж у природних екосистемах та лісових масивах стало ключовою інновацією у сфері цивільного захисту, особливо під час війни в Україні. Пожежі внаслідок бойових дій, а також через природні

фактори, викликають значні загрози для навколишнього середовища та населення. БПЛА дозволяють оперативно оцінювати масштаби пожежі, виявляти її осередки, а також здійснювати моніторинг ситуації в реальному часі. Це особливо важливо в умовах, коли доступ до зони пожежі ускладнений або небезпечний.

Під час війни в Україні БПЛА активно використовуються для боротьби з наслідками пожеж, викликаних обстрілами або іншими військовими діями. Такі апарати допомагають знижувати ризики для рятувальників, надаючи точні дані про розповсюдження вогню, дозволяючи швидше реагувати на загрози та ефективніше використовувати ресурси. Вони також використовуються для оцінки пошкоджень інфраструктури та природних територій, що дозволяє краще планувати заходи з відновлення.

Повномасштабна війна в Україні, що почалася в 2022 році, значно ускладнила боротьбу з пожежами в природних екосистемах та лісових масивах. Обстріли, вибухи боєприпасів та інші військові дії спричиняють масштабні пожежі, які складно контролювати через нестабільність регіонів і небезпеку для рятувальників. У цих умовах БПЛА стали невід'ємним інструментом в управлінні кризовими ситуаціями, особливо під час пожеж.

Сучасний стан розвитку методів дистанційного зондування забезпечує можливість оцінити стан лісового покриву і створити систему регіонального моніторингу лісів на підставі комбінованого використання даних різного просторового розрізнення [3, 4]. Також важливим є метод інформування Державної системи протипожежного захисту лісів у разі виявлення осередку пожежі під час здійснення авіаційних польотів.

Доповнити сучасні авіаційні пілотовані системи, наземні системи під час виконання патрулювання лісових масивів може система раннього дистанційного виявлення осередків лісових пожеж на базі наявних сучасних БПЛА, які здатні здійснювати допоміжний протипожежний моніторинг лісів [5].

Основні переваги застосування БПЛА:

**1. Моніторинг у реальному часі.** БПЛА можуть здійснювати аерофотозйомку в реальному часі, що дозволяє швидко оцінити масштаби пожежі та спрямувати зусилля рятувальників на найбільш критичні ділянки.

**2. Зниження ризику для людей.** У небезпечних для життя умовах, таких як обстріли або мінування територій, БПЛА можуть виконувати функції, які зазвичай виконують рятувальники, значно знижуючи ризик втрат серед особового складу.

**3. Точність виявлення осередків пожеж.** За допомогою тепловізорів, встановлених на БПЛА, можна ефективно ідентифікувати найгарячіші осередки вогню, що допомагає швидко реагувати на ситуацію та приймати правильні рішення щодо розташування пожежно-рятувальних підрозділів.

**4. Оцінка пошкоджень.** Після ліквідації пожежі БПЛА використовуються для оцінки збитків та складання звітів для подальшого відновлення територій.

Вплив війни на природні пожежі в Україні

Згідно з даними Державної служби України з надзвичайних ситуацій, кількість пожеж у природних екосистемах збільшилась через військові дії. Обстріли викликають пожежі в лісах та природних заповідниках, що завдає серйозних збитків флорі, фауні та екологічному середовищу країни.

Таблиця 1

Кількість пожеж у природних екосистемах України у 2022-2023 роках  
(за даними ДСНС України)

| Рік  | Кількість пожеж | Площа уражених територій (га) | Основні причини пожеж                      |
|------|-----------------|-------------------------------|--|
| 2022 | 1500            | 50 000                        | Обстріли, мінування, вибухи боєприпасів    |
| 2023 | 1600            | 55 000                        | Військові дії, недбале поводження з вогнем |

Згідно з даними, наведеними в таблиці, кількість пожеж у природних екосистемах України у 2022 та 2023 роках значно зросла, що відображає серйозний вплив військових дій на природне середовище. У 2022 році було зафіксовано 1500 пожеж, що охопили площу 50 000 гектарів, тоді як у 2023 році ця кількість зросла до 1600, з площею ураження 55 000 гектарів. Основними причинами таких пожеж стали обстріли, мінування та вибухи боєприпасів під час війни, що створюють безпрецедентні умови для виникнення вогнищ у природних екосистемах. Крім того, у 2023 році додалася проблема недбалого поводження з вогнем, що також сприяло зростанню кількості пожеж. Ці дані свідчать про зростаючу загрозу для екосистем України і підкреслюють важливість застосування сучасних технологій, таких як безпілотні літальні апарати, для ефективної боротьби з пожежами.

Таблиця 2

## Використання БПЛА під час ліквідації пожеж у 2022–2023 роках

| Показник                                | 2022           | 2023           |
|---|----------------|----------------|
| Кількість операцій з використанням БПЛА | 120            | 180            |
| Оцінка площі моніторингу (га)           | 15 000         | 20 000         |
| Виявлення осередків пожеж               | 500            | 700            |
| Кількість врятованих ресурсів           | Зростає на 30% | Зростає на 40% |

Кількість виявлених осередків пожеж зросла з 500 у 2022 році до 700 у 2023 році, що вказує на ефективність використання БПЛА для виявлення пожеж на ранніх стадіях. Крім того, кількість врятованих ресурсів зросла на 30% у 2022 році і на 40% у 2023 році, що свідчить про покращену оперативність і точність дій завдяки використанню БПЛА. Ці дані підтверджують, що БПЛА стали важливим інструментом для підвищення ефективності ліквідації пожеж, знижуючи ризики для рятувальників і мінімізуючи втрати.

Переваги застосування БПЛА під час війни:

**1. Швидка реакція.** БПЛА можуть працювати в небезпечних зонах і значно скорочують час на розгортання рятувальних операцій.

**2. Ефективність витрат.** БПЛА потребують менше ресурсів та персоналу для управління, що є важливим у кризових ситуаціях.

**3. Аналіз пошкоджень.** Дані, зібрані БПЛА, використовуються для аналізу пошкоджень лісових масивів і планування заходів з відновлення.

Таким чином, безпілотні літальні апарати значно підвищують ефективність ліквідації пожеж у природних екосистемах та лісових масивах України під час війни, знижуючи ризики для людей і забезпечуючи точність та швидкість моніторингу та реагування.

Завдяки сучасним технологіям дистанційного зондування, БПЛА можуть доповнювати традиційні методи боротьби з пожежами, такі як пілотовані авіаційні системи та наземні засоби моніторингу [6]. Комбіноване використання БПЛА із системами раннього виявлення осередків пожеж зменшує ризики та значно підвищує ефективність боротьби з лісовими пожежами [7].

Використання БПЛА під час ліквідації пожеж у природних екосистемах та лісових масивах значно підвищує ефективність рятувальних операцій в умовах сучасних викликів, таких як війна в Україні. Технології дистанційного зондування, моніторинг у реальному часі та зниження ризиків для рятувальників роблять БПЛА незамінним інструментом у боротьбі з пожежами. Системи на базі БПЛА дозволяють значно скоротити час реакції, підвищити точність і знизити втрати як серед людей, так і природних ресурсів.

БПЛА також є важливим інструментом для оцінки пошкоджень та планування відновлювальних робіт, що стає актуальним у післявоєнному відновленні країни. З огляду на ці переваги, можна стверджувати, що застосування БПЛА стає одним з ключових елементів сучасної стратегії управління кризовими ситуаціями в екосистемах України.

**Використання БПЛА для виявлення та гасіння лісових пожеж в умовах війни**

Воєнні дії в Україні, які розпочалися у 2014 році та повномасштабне вторгнення у 2022 році, призвели до численних лісових пожеж, що завдають значної шкоди навколишньому середовищу та екосистемам. Згідно з різними експертними оцінками, від 20 до 30% території України вже зачеплено війною: це мінування, лісові пожежі внаслідок загорянь після обстрілів, різного роду забруднення тощо.

За даними завідувача сектору екології лісу УкрНДІЛГА Сергія Сидоренка, у 2022 році фактично 70% від площі всіх пожеж зареєстровано у 25-кілометровій буферній зоні, у 2023 році – 45%. Кількість і площа ландшафтних пожеж збільшуються відносно відстані до лінії фронту. Так, у 2023 році щільність пожеж у 5-кілометровій буферній зоні була в 49 разів вищою порівняно із значенням щільності пожеж на решті території України, у 10-кілометровій зоні – у 10,5 разів, а у 20-кілометровій зоні – майже вдвічі. Також у 2023 році у порівнянні з 2022 роком збільшилася щільність пожеж і горимість ландшафтів, що свідчить про підвищення інтенсивності бойових дій (у 2-5 разів, залежно від відстані до лінії фронту).

Все ширше використання БПЛА у повсякденному житті дозволяє суттєво змінити підхід до багатьох звичних речей, наприклад до реагування на виникнення пожежі та НС [2]. Зростання потреби в БПЛА в різних країнах цілком закономірне. Практичний досвід застосування БПЛА провідними країнами виявив широкий набір цивільних завдань, при вирішенні яких безпілотники показують високу ефективність. Як свідчить аналіз публічно доступних документів організації Європейського Союзу, розподіл споживчого попиту за період з 2015 до 2020 років для цивільних БПЛА виглядав таким чином: 45% – урядового контролю у сфері внутрішніх справ та екологічного моніторингу, 25% – для пожежогасіння, 13% – сільського та лісового господарства, 10% – енергетики, 6% – огляду земної поверхні, 1% – зв'язку та мовлення.

Використання безпілотних літальних апаратів для моніторингу та гасіння пожеж в умовах війни стало важливим інструментом. БПЛА здатні проводити аерофотозйомку, здійснювати інфрачервоне сканування територій та виявляти місця загоряння навіть у важкодоступних районах. Це дозволяє оперативно реагувати на загрози, спрямовувати ресурси на ті ділянки, де ризик поширення вогню є найвищим, та ефективно координувати дії пожежних підрозділів. БПЛА надають можливість контролювати ситуацію з безпечної відстані, що є особливо актуальним в умовах бойових дій. Вони можуть передавати зображення та інші дані в реальному часі, дозволяючи оцінювати масштаби пожежі, визначати шляхи її поширення та потенційно вразливі об'єкти поблизу. Завдяки такій технології можна приймати більш обґрунтовані рішення та знижувати ризики для рятувальників і військових.

Переваги використання БПЛА для гасіння пожеж включають оперативність (швидке отримання інформації про масштаби пожежі), зменшення ризиків для людей, високу точність і економічність. Додатково, гнучкість у застосуванні безпілотників дозволяє використовувати їх не тільки для моніторингу та координації, але й для гасіння пожежі шляхом розпилення вогнегасних речовин на невеликих територіях, що є особливо ефективним у випадку локальних загорянь.

Події останніх років показали, наскільки далека від ідеалу організація пожежної безпеки в Україні, та наскільки вона потребує модернізації в умовах повсякденних життєвих реалій. Використовувані в даний час технології висотного пожежогасіння в будівлях в основному базуються на застосуванні спеціальних пожежних автомобілів: автомобільних драбин і підйомників. У такого підходу є кілька суттєвих недоліків і обмежень:

1. Підйомна автотехніка вітчизняних виробників має обмеження по висоті – висувається до 70 метрів. А у зв'язку із дефіцитом оснащення, не кожна пожежна частина в українських містах має таке обладнання;

2. Завантаженість доріг в мегаполісах, що призводить до зниження середньої швидкості руху в години пік до 30 кілометрів на годину;

3. Збільшення кількості автомобілів в містах, що веде до запаркованості прибудинкових територій і значного збільшення часу на бойове розгортання пожежних розрахунків;

4. Використання пожежних автомобільних драбин і підйомників в першу чергу для порятунку людей, а не для гасіння пожеж.

Вплив лісових пожеж на біорізноманіття та природні ресурси є важливим питанням, оскільки ліси відіграють ключову роль у збереженні біологічного різноманіття та забезпеченні екосистемних послуг [3]. Пожежі спричиняють втрату біорізноманіття, оскільки ліси є домівкою для мільярдів видів флори, фауни та мікробіоти. Пожежі також призводять до деградації та фрагментації природних оселищ багатьох видів, порушення функціонування екосистем, забруднення гідроекосистем і надходження у річки та озера пірогенних решток і поллютантів, що негативно впливає на якість водних ресурсів [1]. Лісові пожежі також викликають емісію парникових газів, таких як CO<sub>2</sub>, що впливає на глобальні кліматичні зміни, та підвищений ризик ерозії й гідрологічних катастроф. Відсутність лісового покриву після пожеж інтенсифікує ерозійні процеси та збільшує ризик повеней, що негативно впливає на агроекосистеми та водозабезпечення, а також ставить під загрозу водну безпеку, оскільки ліси відіграють важливу роль у регуляції гідрологічного циклу.

Отже, БПЛА стали невід'ємним інструментом для виявлення та гасіння лісових пожеж в умовах війни. Їх використання дозволяє ефективно моніторити зони бойових дій, швидко реагувати на виникнення пожеж, координувати дії пожежних підрозділів та мінімізувати ризики для рятувальників. Надалі завдяки розвитку технологій штучного інтелекту та автономного управління, БПЛА зможуть не лише виявляти осередки пожеж, але й автоматично проводити операції з гасіння, наприклад, шляхом скидання води або спеціальних вогнегасних сумішей. Це дозволить оперативно реагувати на пожежі в умовах, де люди або традиційні засоби не можуть працювати.

#### **Застосування БПЛА для моніторингу та ліквідації пожеж в природних екосистемах**

Пожежі у природних екосистемах стали глобальною проблемою, адже щороку з настанням тепла в Україні значно збільшується ризик виникнення пожеж в природних екосистемах. Висока температура повітря, сухість ґрунту та вітряність створюють ідеальні умови для швидкого поширення вогню, особливо в лісах, степах і на торфовищах. Тепла погода сприяє висиханню рослинності, що робить її більш сприйнятливою до загоряння. У поєднанні з людським фактором – необережним поводженням з вогнем, підпалами або залишеними без погляду вогнищами – цей період стає особливо небезпечним. Пожежі можуть швидко охопити велику площу, завдаючи серйозної шкоди природним ресурсам, знищуючи біорізноманіття та сприяючи забрудненню повітря, що має негативний вплив.

З початку 2025 року в Україні виникло майже 12 тисяч пожеж в екосистемах. Майже 10 тисяч гектарів випаленої української землі, що призводить до незворотних екологічних втрат, знищення біорізноманіття, викидів величезної кількості CO<sub>2</sub> в атмосферу та зниження якості повітря, що загрожує здоров'ю людей і тварин. Для забезпечення необхідного рівня протипожежного захисту природних екосистем, що відповідає сучасним соціально-економічним вимогам, потрібно створити адаптивну систему охорони, яка постійно моніторить протипожежну ситуацію, що змінюється в кожному регіоні України, і здатна коригувати свою структуру, параметри та режими діяльності відповідно до цих змін.

Для боротьби з пожежами в Україні важливо впроваджувати інноваційні технології, зокрема безпілотні літальні апарати, супутникові системи та інші методи дистанційного зондування землі. Пожежі можуть виникнути в будь-якому місці та в будь-який час, створюючи серйозну загрозу життю та майну людей. Швидке виявлення пожеж, ефективне втручання та постійний моніторинг можуть врятувати не лише ресурси, а й людські життя. Сучасність вимагає від нас сучасними методами вирішувати поточні проблеми, в тому числі проблему пожеж та пожежного моніторингу, що робить особливо актуальним використання БПЛА у цій сфері.

БПЛА стають все більш важливими інструментами для ефективного моніторингу та ліквідації пожеж у природних екосистемах. Вони здатні значно покращити швидкість реакції та зменшити масштаби руйнувань під час пожеж. БПЛА, оснащені сучасними тепловізійними камерами, відкривають нові можливості в управлінні надзвичайними ситуаціями, зокрема при виявленні та ліквідації пожеж. Вони здатні швидко виявляти пожежі на ранніх стадіях, коли площа

загоряння ще невелика, але вогонь уже починає поширюватися. Така здатність дає змогу оперативно оцінити ситуацію і направити пожежно-рятувальні підрозділи до місця події, що значно підвищує ефективність реагування та мінімізує час, необхідний для ліквідації пожежі [27].

Одна з головних переваг БПЛА полягає в тому, що вони можуть облітати навіть важкодоступні території, що традиційно є складними для огляду з землі. Це особливо важливо в лісових масивах або на великих відкритих площах, де може бути важко помітити загоряння на ранніх стадіях. БПЛА здатні виявляти навіть приховані осередки вогню, які знаходяться під покривом лісу, трав'яних масивів або в інших важкодоступних зонах, де не можна провести стандартний моніторинг за допомогою наземних засобів. Під час розгортання проведення розгортання сил та засобів БПЛА можуть регулярно здійснювати обльоти для збору актуальної інформації в реальному часі. Це дозволяє оцінювати масштаби пожежі, її інтенсивність, напрямок поширення та швидкість фронту вогню. Отримані дані допомагають керівнику гасіння пожежі приймати виважені рішення щодо локалізації вогню, координації роботи рятувальних підрозділів, а також організації евакуації населення, якщо це необхідно. Така інформація є критично важливою для того, щоб кожен етап гасіння пожежі проходив максимально ефективно.

Крім того, БПЛА можуть здійснювати точне прогнозування поширення вогню, зважаючи на такі фактори, як швидкість і напрямок вітру, температура, вологість повітря та інші метеорологічні умови. Завдяки вбудованим сенсорам, які вимірюють зміни в погоді, БПЛА здатні передавати дані в реальному часі, що дозволяє коригувати стратегію боротьби з вогнем і вжити додаткових заходів для мінімізації ризиків розповсюдження вогню. Ще однією важливою функцією БПЛА є виявлення підземних пожеж, які часто залишаються непоміченими, але можуть бути надзвичайно небезпечними. Підземні пожежі можуть швидко поширюватися і призвести до серйозних катастроф. БПЛА, оснащені тепловізорами, здатні виявляти аномальне підвищення температури в ґрунті, що є ознакою прихованих осередків вогню. Вчасне виявлення таких загорянь дає можливість оперативно зупинити їх поширення до того, як вони перетворяться на масштабну катастрофу, що може завдати значних збитків природним екосистемам.

Після гасіння пожежі БПЛА можуть здійснювати детальний моніторинг постраждалих територій, облітаючи зону пожежі, фіксуючи масштаби знищених лісових масивів, степів та інших природних ресурсів, що дозволяє отримати чітку картину завданої шкоди. Така інформація є важливою для подальшої оцінки ефективності заходів боротьби з вогнем та для планування відновлювальних робіт. Вона дозволяє розробити конкретні рекомендації щодо відновлення природних екосистем, допомагаючи скоротити негативний вплив пожеж на довкілля. Окрім цього, БПЛА можуть сприяти координації евакуації населення з небезпечних зон. Вони здатні швидко обстежувати постраждалі території, визначати найбільш безпечні маршрути для евакуації та передавати ці дані в реальному часі до штабу з ліквідації НС. Це дозволяє зменшити ризики для людей і максимально оперативно вирішувати питання безпеки цивільного населення. [28].

Важливим аспектом є інтеграція БПЛА з іншими сучасними технологіями, такими як супутникові системи або наземні моніторингові мережі. Це дозволяє створити єдину інтегровану систему спостереження за лісовими пожежами, яка здатна вчасно виявляти загрози та надавати дані для більш точного розподілу ресурсів для гасіння вогню. В результаті з'являється можливість створення більш ефективних стратегій боротьби з природними катастрофами, підвищуючи оперативність реагування. Загалом, застосування БПЛА в моніторингу та ліквідації лісових пожеж має безліч переваг. Вони підвищують ефективність реагування на НС, зменшують економічні та екологічні втрати, а також сприяють забезпеченню безпеки людей і тварин. Технології безпілотних апаратів стають важливим елементом сучасної стратегії боротьби з природними катастрофами та мають великий потенціал для подальшого розвитку та впровадження в систему цивільного захисту [29].

## Використання ручних тепловізорів та БПЛА з тепловізійними камерами при гасінні пожеж та проведенні рятувальних операцій

Використання сучасних технологій є незамінним інструментом під час ліквідації пожеж та проведення рятувальних операцій. Одним із таких засобів є тепловізори.

Ручні тепловізори вже давно використовуються підрозділами ОРС ЦЗ ДСНС України під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та рятування людей, а що стосується безпілотних літальних апаратів з тепловізійною камерою то це поняття тільки розпочинає свій шлях до повноцінного застосування в даній сфері.

Сучасні технології, такі як ручні тепловізори та безпілотні літальні апарати з тепловізійними камерами, стали незамінними інструментами в боротьбі з пожежами. Вони дозволяють не лише підвищити ефективність роботи пожежних служб, але й забезпечити безпеку рятувальників та зменшити ризики для населення.

У цій статті розглянемо, які переваги дають ці пристрої при гасінні пожеж на відкритій місцевості та великих об'єктах, а також при проведенні рятувальних операцій.

У зв'язку з війною пожежі кількість пожеж з кожним роком зростає і в переважній більшості це пожежі на великих об'єктах та площах. Згідно з аналітичною довідкою ДСНС України кількість пожеж у 2024 році збільшилась майже у 2 рази порівняно з 2023 роком (64728 у 2023 році проти 101437 у 2024 році).

Ручні тепловізори: суть та застосування

Ручні тепловізори – це портативні пристрої, які дозволяють виявляти теплове випромінювання об'єктів. Вони особливо корисні в умовах пожежі, де видимість обмежена димом, пилом або темрявою.

Переваги ручних тепловізорів:

Виявлення вогнищ пожежі. Тепловізор може знаходити приховані вогнища пожежі, невидимі неозброєним оком. Це особливо важливо при гасінні пожеж у лісах, на полях або в будівлях, де вогонь може поширюватися під поверхнями.

Пошук постраждалих. У умовах задимленості тепловізор допомагає знаходити людей, які потребують допомоги, завдяки виявленню теплового контура їхніх тіл.

Оцінка температури. Ручні тепловізори дозволяють вимірювати температуру поверхонь, що допомагає визначити найнебезпечніші ділянки та уникнути обвалів або вибухів.

Мобільність. Невеликі розміри та простота використання роблять ручні тепловізори зручними для роботи в обмежених просторах, наприклад, у будівлях або на вузьких ділянках.

Обмеження ручних тепловізорів:

Обмежений радіус дії. Ручні тепловізори ефективні лише на невеликих відстанях.

Залежність від оператора. Якість роботи залежить від ARGUS Mi-TIC series досвіду та навичок користувача.

БПЛА з тепловізійними камерами: суть та застосування

Безпілотні літальні апарати, оснащені тепловізійними камерами, стали потужним інструментом для моніторингу та гасіння пожеж. Вони дозволяють отримувати дані з висоти пташиного польоту, що значно розширює можливості пожежних служб.

Переваги БПЛА з тепловізійними камерами:

Огляд великих територій. БПЛА дозволяють швидко обстежувати великі площі, що особливо важливо при лісових пожежах або пожежах на промислових об'єктах.

Виявлення вогнищ пожежі. Тепловізійна камера на БПЛА дозволяє виявляти приховані вогнища пожежі, навіть якщо вони знаходяться під шаром попелу або в густій рослинності.



Інфрачервоне зображення пожежі, що отримується за допомогою апаратури БПЛА, дає змогу оцінити стан пожежі та визначити, на гасінні яких ділянок потрібно зосередити зусилля [2].

Планування операцій. Завдяки аерозйомці можна складати точні карти поширення вогню, визначати найнебезпечніші ділянки та розробляти стратегії гасіння.

DJI Matrice 210 RTK V2

Моніторинг у реальному часі. БПЛА дозволяють відстежувати динаміку пожежі, що допомагає оперативно реагувати на зміни ситуації.

Безпека для рятувальників. Використання БПЛА дозволяє уникнути небезпечних ситуацій для пожежних, оскільки вони можуть отримувати інформацію, не наближаючись до вогню.



Обмеження БПЛА:

Залежність від погодних умов. Сильний вітер, дощ або густий дим можуть ускладнити роботу БПЛА.

Обмежений час польоту. Більшість БПЛА мають DJI Mavic 3T обмежений час автономної роботи, що потребує регулярної заміни акумуляторів.

Таблиця 3

Порівняння ручних тепловізорів та БПЛА з тепловізійними камерами

| Критерій           | Ручний тепловізор                                  | БПЛА з тепловізійною камерою          |
|--------------------|--|---------------------------------------|
| Радіус дії         | Обмежений (до кількох десятків метрів)             | Великий (до кількох кілометрів)       |
| Мобільність        | Висока (для роботи в обмежених просторах)          | Висока (для огляду великих територій) |
| Виявлення вогнищ   | Ефективне на невеликих ділянках                    | Ефективне на великих площах           |
| Пошук постраждалих | Ефективний у приміщеннях або на невеликих ділянках | Ефективний на відкритих територіях    |
| Час роботи         | Обмежений батареєю, але легко замінюється          | Обмежений часом польоту               |

Ручні тепловізори та БПЛА з тепловізійними камерами є взаємодоповнюючими інструментами в боротьбі з пожежами. Ручні тепловізори незамінні для роботи в приміщеннях, на невеликих ділянках або для пошуку постраждалих, тоді як БПЛА дозволяють ефективно обстежувати великі території, планувати операції та забезпечувати безпеку рятувальників. Використання обох пристроїв разом дозволяє максимально підвищити ефективність роботи пожежних служб та зменшити наслідки пожеж.

Інтеграція сучасних технологій у пожежну безпеку – це крок до більш безпечного майбутнього, де кожна пожежа може бути локалізована та ліквідована з мінімальними втратами.

**Тепловізійні можливості камер дронів у боротьбі з пожежами в екосистемах**

Пожежі в екосистемах, зокрема на торфовищах, є одними з найнебезпечніших і найскладніших для гасіння. Вони можуть тривати тижнями, виділяючи величезну кількість шкідливих речовин у повітря та спричиняючи значні екологічні й економічні збитки. Торф'яні пожежі особливо підступні, оскільки можуть горіти під поверхнею землі, залишаючись непомітними для традиційних методів моніторингу.

Згідно з аналітичною довідкою ДСНС України кількість пожеж в екосистемах у 2024 році збільшилась у 2,1 раза порівняно з 2023 роком (512 у 2023 році проти 1068 у 2024 році).

Тепловізійні камери, встановлені на безпілотні літальні апарати стали важливим інструментом у боротьбі з пожежами в екосистемах. Завдяки можливості виявлення теплових аномалій, безпілотні літальні апарати допомагають оперативно локалізувати вогнища загоряння, оцінити масштаби пожежі та ефективно координувати дії пожежно-рятувальних підрозділів.

Якщо для масштабного моніторингу правильно використовувати БПЛА з тепловізійною камерою то ми зможемо наступне:

За короткий проміжок часу, на великій площі, зможемо визначити локацію осередків горіння, навіть тих яких не видно неозброєним оком. Виявити розповсюдження підземного горіння та отримати карту температурного розподілу, що дозволить оцінити найбільш критичні зони та масштаби пожежі.

Здійснювати оцінку ефективності гасіння шляхом відстеження зниження температури після подавання вогнегасних речовин, та контролювати виникнення нових осередків та своєчасно реагувати на них.

Здійснювати координацію підрозділів залучених до гасіння шляхом надання актуальної інформації оперативному штабу пожежогасіння та створення інтерактивних карт з прив'язкою до GPS-координат.

Отже, використання тепловізійних дронів на торф'яних пожежах дає змогу швидко локалізувати приховані осередки загоряння, ефективно розподіляти ресурси для гасіння, контролювати ситуацію в режимі реального часу, забезпечувати безпеку персоналу, мінімізувати екологічні та економічні збитки.

Такий підхід значно підвищує ефективність боротьби з пожежами, скорочує час ліквідації та зменшує вплив пожежі на довкілля.

#### **Гасіння пожеж та аварійно-рятувальні роботи за допомогою БПЛА**

Останнім часом безпілотні літальні апарати набувають все більшого поширення у сфері цивільного захисту, зокрема для гасіння пожеж та проведення аварійно-рятувальних робіт. Їх використання дозволяє значно підвищити ефективність та безпеку виконання завдань, особливо в умовах підвищеної небезпеки або важкодоступній місцевості.

Пожежі та інші надзвичайні ситуації є серйозною загрозою для життя та здоров'я людей, а також для навколишнього середовища. Традиційні методи гасіння пожеж та проведення аварійно-рятувальних робіт часто є недостатньо ефективними та можуть становити значну небезпеку для особового складу. Використання БПЛА дозволяє вирішити ці проблеми, забезпечуючи можливість дистанційного моніторингу ситуації, виявлення осередків пожеж, транспортування необхідного обладнання та матеріалів, а також координації дій рятувальників.

Використання БПЛА для гасіння пожеж та проведення аварійно-рятувальних робіт має ряд переваг, серед яких:

мобільність та оперативність: БПЛА можуть швидко дістатися до місця події, навіть у важкодоступній місцевості;

безпека: використання БПЛА дозволяє зменшити ризик для особового складу, оскільки вони можуть виконувати завдання дистанційно;

інформативність: БПЛА можуть збирати детальну інформацію про ситуацію, що дозволяє приймати більш обґрунтовані рішення;

ефективність: БПЛА можуть транспортувати необхідне обладнання та матеріали безпосередньо до місця події, що підвищує ефективність гасіння пожеж та проведення аварійно-рятувальних робіт.

БПЛА можуть використовуватися для:

розвідки та моніторингу: виявлення осередків пожеж, оцінка масштабів та характеру надзвичайної ситуації;

транспортування: доставка вогнегасних речовин, обладнання, медикаментів та інших необхідних матеріалів;

координація: забезпечення зв'язку між різними підрозділами, координація дій рятувальників;

оповіщення: інформування населення про загрозу та порядок дій у надзвичайній ситуації.

### Використання безпілотних літальних апаратів та наземної робототехніки під час ліквідації пожеж на торфовицях

Торф'яні пожежі становлять велику загрозу для екологічної та економічної безпеки України. Через особливості торфовищ вогонь на них швидко поширюється, проникає глибоко в ґрунт і виділяє велику кількість диму та токсичних речовин. Дуже часто при пізньому виявленні такої пожежі існує загроза її поширення на великі площі. Це ускладнює гасіння пожеж, особливо в умовах віддаленості від джерел водопостачання та складнощів доступу до цієї території. Одним з найдієвіших методів здійснення моніторингу пожеж торфовищ є використання безпілотних літальних апаратів.

Безпілотний літальний апарат – повітряне судно, керування польотом якого і контроль за яким здійснюються дистанційно за допомогою пункту дистанційного пілотування, що розташований поза повітряним судном, або повітряне судно, що здійснює політ автономно за відповідною програмою.

Застосування БПЛА для моніторингу торфовищ дозволяє охоплювати великі площі, вчасно і точно виявляючи осередки загорання. Підрозділи ДСНС України використовують дрони мультироторного типу, які забезпечують регулярний збір даних про місцеві ділянки підвищеної температури, що свідчить про підземні осередки тління та дозволяє виявляти пожежу ще на ранніх етапах. Цей результат досягається завдяки використанню тепловізійних камер (інфрачервоних сенсорів), які дозволяють виміряти температуру поверхні ґрунту та виявляти локальні осередки нагрівання, що може свідчити про можливість підземного горіння або про зони з недостатньою вологістю. Тепловізійна зйомка дозволяє ідентифікувати ділянки, де температура відхиляється від норми, яка часто є ознакою небезпеки (рис. 4).

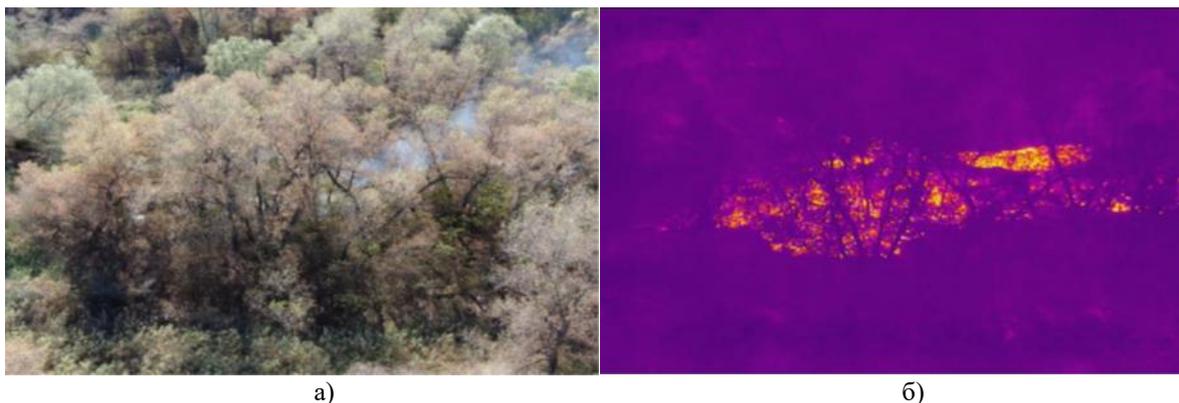


Рисунок 4 – Зображення ділянок з підвищеною температурою: а) із звичайної камери; б) з тепловізійної камери

Наслідки торф'яних пожеж можуть бути вкрай небезпечними, зокрема через викиди продуктів горіння та забруднення повітря. Гасіння таких пожеж ускладнюють такі фактори:

- важкодоступність до місця пожежі;
- велика відстань до джерела водопостачання;
- значна площа торфовищ.

Ці фактори змушують пожежно-рятувальні підрозділи залучати велику кількість техніки та особового складу, що тягне за собою суттєві матеріальні витрати для держави та підвищене використання людського ресурсу. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є використання наземної роботизованої техніки, яка зможе доставляти до місця пожежі необхідне обладнання та проводити гасіння у важкодоступних місцях дистанційно, тим самим не наражаючи рятувальників на небезпеку.

В 2019 році в Токіо фірма Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. (МНІ) провела відкриту демонстрацію двох роботів які повинні працювати в парі – Water Cannon, який може подавати вогнегасну речовину та Nose Extension Robot – який слугує як доставщик пожежних рукавів на відстань до 300 м.

Німецька фірма «Alpha Robotics Germany GmbH & Co. KG», активно займається розробкою наземних роботів, основне призначення яких - пожежогасіння. Зараз створено прототип Wolf R1 та Magirus Wolf R1 – тактичні роботи для гасіння пожеж (рис.5).

Станом на сьогодні в Україні немає широкого застосування наземної роботизованої техніки, яка призначена для гасіння торф'яних пожеж, проте існує багато виробників, які створюють універсальні платформи, що можуть бути оснащені необхідним устаткуванням під ті чи інші потреби.



Рисунок 5 – наземна роботизована техніка: а) Робот Wolf R1; б) Робот Magirus Wolf R1

Беручи до уваги швидкість розвитку безпілотних систем та роботизованої техніки в Україні, слід зазначити, що БПЛА вже набагато спростили та пришвидшили роботу пов'язану з моніторингом та виявленням пожеж в екосистемах, а впровадження наземної робототехніки для участі в гасінні пожеж зменшує ризик для рятувальників.

Тому, в умовах сьогодення, слід приділити більше уваги розвитку БПЛА та наземної роботизованої техніки в Україні, оскільки вони мають широкий спектр застосування, а їх практичне значення має масштабні перспективи для ДСНС України.

Сьогодення, незважаючи на потужний промислово-технологічний потенціал, живе у стані превентивної залежності від могутніх стихійних сил природи та не менш могутніх породжень науково-технічного прогресу.

У сучасних умовах розвитку технологій впровадження інновацій у сфері цивільного захисту стає необхідністю. Однією з ключових тенденцій є активне використання безпілотних літальних апаратів у пошуково-рятувальних операціях. Це дозволяє значно підвищити ефективність роботи рятувальників, зменшити час реагування на надзвичайні ситуації та забезпечити безпеку рятувальних команд. Особливої актуальності ця тема набуває в умовах війни, коли ризик виникнення надзвичайних ситуацій значно зростає через бойові дії, руйнування інфраструктури та мінну небезпеку

Використання БПАК у сфері цивільного захисту доцільне в ситуаціях, де неможливо або економічно не вигідно застосовувати авіацію та інші наявні сили і засоби, зокрема для:

- тривалого повітряного спостереження територій з метою запобігання катастрофам техногенного та природного характеру;
- повітряного спостереження в умовах НС техногенного та природного характеру, пожеж на промислових об'єктах, військових складах;
- пошуку людей, морських та повітряних суден, що зазнають або зазнали лиха на акваторіях морів та внутрішніх водойм тощо.

Під час проведення моніторингу БПЛА можна отримати найактуальнішу інформацію стосовно того чи іншого об'єкта, території, за допомогою методики створення фотограмметричних 3D-моделей місцевості на основі інформації, отриманої по знімках з БПЛА, а також відеоматеріалів об'єктів місцевості [1].

Під час проведення пошуково рятувальних робіт використовують 3 основні елементи:

«Контрольний пошук» – обстеження території без точних даних про об'єкт.

«Пошук за викликом» – повторне обстеження місця, де об'єкт був помічений раніше.

«Пошук на рубежі» – спостереження вздовж визначеної лінії (дорога, трубопровід тощо) (рис.6).

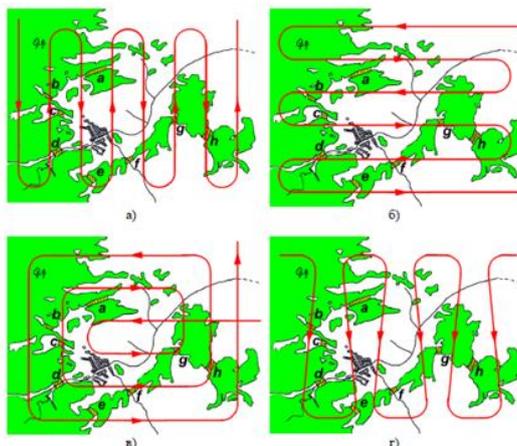


Рисунок 6 – Способи пошуку та планування маршрутів а), б) «Паралельні галси», в) «Розбіжна коробочка», г) «Галси які сходяться»

Якщо припускається, що динамічний об’єкт залишає місце первинного виявлення з постійною швидкістю, а його курси рівномірно розподілені в діапазонах від 0° до 360°, то для пошуку можуть використовуватися такі методи: «розбіжна коробочка», «рівнобіжні галси» і «гребінка». Ці способи ефективні для пошуку об’єктів на відкритих ділянках суші (наприклад, степу чи пустелі) або у водному середовищі.

Для детального огляду застосовуються схеми маршруту:

Розбіжна коробочка – рух з початкової точки зі зміною курсу на 90°.

Рівнобіжні галси – прямолінійний рух з розворотами.

Зміщений віраж – спіральне розширення охоплення території.

Паралельне галсування – рівномірне покриття території.(рис.7)

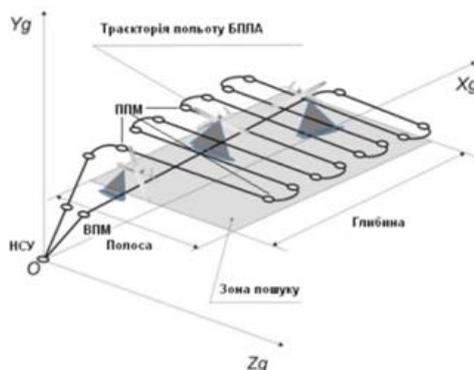


Рисунок 7 – Спосіб пошуку «паралельне галсування»

Як підсистеми пошукових засобів можуть застосовуватись відеокамери, тепловізори, суміщені відео- та тепловізори, системи радіотехнічного пошуку. Паралельний маршрут також рекомендується використовувати у разі аерофотознімання значних ділянок місцевості.

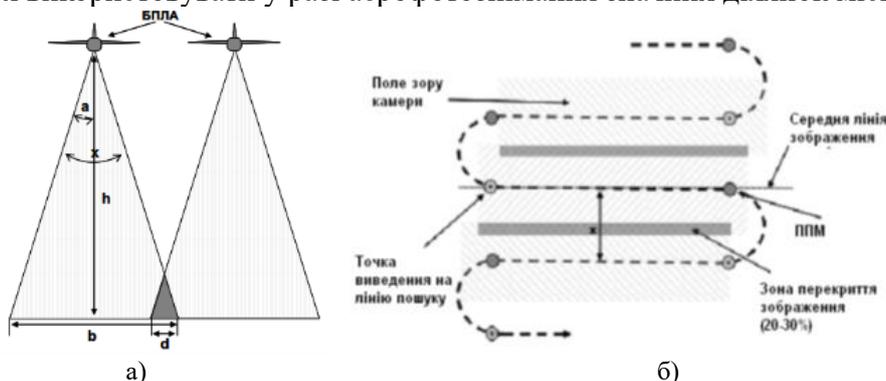


Рисунок 8 – Урахування максимальної ширини поля зору фотокамери а) перекриття зон аерофотозйомки, б) поле зору камери

У разі підготовки маршруту зовнішній пілот повинен урахувати максимальну ширину поля зору фотокамери БПЛА на заданій висоті його польоту. Маршрут прокладається так, щоб краї поля зору камери перекривали сусідні поля приблизно на 15-20% (рис.8) [2].

БПЛА з тепловізорами можуть шукати людей вночі та не залежать від рельєфу місцевості. Точність вимірювання температури становить  $\pm 2$  °C і зводить до мінімуму ймовірність помилки.

Під час пошуково-рятувальної операції один дрон виконує роль коригувальника, а інший веде рятувальну групу. Дрон-коригувальник першим підіймається в повітря, сканує місцевість і передає координати можливого місця перебування потерпілого. Після підтвердження знахідки другий дрон спрямовує рятувальників, передаючи відеопотік і допомагаючи вибрати безпечний маршрут. Він також може скидати потерпілому необхідні речі, наприклад, аптечку або воду.

Під час евакуації коригувальний дрон продовжує моніторинг, а другий супроводжує рятувальників, передаючи дані в штаб. Такий підхід пришвидшує пошук, підвищує безпеку рятувальників і дає змогу швидше надати допомогу.

Стосовно реагування на надзвичайні ситуації БПЛА можуть бути вагомою частиною системи масового оповіщення людей їх оснащують динаміком, за потреби – прожектором, що істотно полегшує координацію дій.

Завдяки сучасним технологіям, камерам з високою роздільною здатністю, тепловізорам і спеціальним алгоритмам за допомогою безпілотного літального апарата можна за дуже короткий проміжок часу зібрати інформацію про масштаби події.

Рекомендовані моделі БПЛА:

Для дрона-коригувальника (розвідка та моніторинг) - DJI Mavic 3 Thermal, Autel Robotics EVO Max 4T

Для дрона-рятувальника (наведення та доставка) – DJI Agras T40, DJI Matrice 300 RTK

Отже, аналіз та використання різних авіаційних комплексів для виконання однотипних завдань у рамках діяльності ДСНС України підтверджують доцільність та необхідність швидкого впровадження різноманітних безпілотних авіаційних комплексів (БПАК) у практику служби. Таке рішення дозволить не лише значно заощадити ресурси, але й підвищити оперативність отримання критично важливої інформації. Це, у свою чергу, сприятиме прийняттю своєчасних та обґрунтованих управлінських рішень під час планування та проведення пошуково-рятувальних операцій. Впровадження БПАК у систему цивільного захисту є ключовим елементом для забезпечення безпеки та збереження життя в сучасних умовах.

### **Застосування безпілотних авіаційних комплексів в забезпеченні техногенної безпеки зруйнованих об'єктів нерухомості внаслідок бойових дій**

Внаслідок бойових дій та регулярних обстрілів щодня збільшується кількість пошкоджених і зруйнованих будівель та споруд. За попередніми даними обласних військових адміністрацій, станом на кінець 2023 року, загальна кількість зруйнованих або пошкоджених об'єктів житлового фонду становить близько 250 тис., щонайменше 1284 заклади охорони здоров'я, 3,8 тис. освітніх закладів, 160 об'єктів соціального захисту населення, 348 релігійних об'єктів, 1804 об'єкт культури, 157 готелів/ресторанів, 343 об'єкти спорту, 164 об'єкти туризму. Зазнали руйнувань щонайменше 426 великих та середніх приватних підприємств, а також державних підприємств, плюс десятки тисяч малих приватних. Ймовірно, справжня цифра є більшою, оскільки не про всі підприємства є інформація, особливо якщо йдеться про тимчасово окуповані території. З початку бойових дій в Україні були пошкоджені 19 аеропортів і цивільних аеродромів та щонайменше 126 вокзалів і станцій. Відповідно до публічних заяв Прем'єр-міністра України та Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури від початку повномасштабного вторгнення було уражено всі підконтрольні Україні теплові електростанції, гідроелектростанції, а також 18 теплоелектроцентралей. Від 24 лютого 2022 року було пошкоджено чи повністю зруйновано 32 нафтобази а також паливо, що зберігалось на них. Найбільш постраждалими є області України, в яких безпосередньо велись бойові дії: Донецька, Харківська, Луганська, Миколаївська, Запорізька,

Київська та Чернігівська. Фінальна оцінка обсягу пошкоджень та руйнувань можлива лише після завершення бойових дій на території України [1].

Подані статистичні дані демонструють значне збільшення рівня загроз для держави, що потребує пропорційного підвищення можливості ефективного реагування на них. Розв'язання таких проблем неможливе без впровадження новітніх технологій в повсякденну роботу органів та підрозділів служби цивільного захисту, зокрема використання безпілотних авіаційних комплексів.

Безпілотний авіаційний комплекс (безпілотна авіаційна система) - безпілотне повітряне судно пов'язані з ним пункти дистанційного пілотування, необхідні лінії керування і контролю та інші елементи, вказані в затвердженому проекті типу БПАК. БПАК може включати декілька БПЛА.

Безпілотний літальний апарат – керування польотом якого і контроль за яким здійснюються дистанційно за допомогою пункту дистанційного пілотування, що розташований поза повітряним судном, або повітряне судно, що здійснює політ автономно за відповідною програмою [2].

Використання БПАК у сфері цивільного захисту доцільно в ситуаціях, де неможливо або економічно не вигідно застосовувати авіацію та інші наявні сили і засоби, зокрема для:

розвідки районів, зон, ділянок, об'єктів проведення робіт з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації;

визначення та локалізації зони надзвичайної ситуації;

виявлення та позначення районів, які зазнали радіоактивного, хімічного забруднення чи біологічного зараження (крім районів бойових дій);

прогнозування зони можливого поширення надзвичайної ситуації та масштабів можливих наслідків;

пошуку постраждалих, робіт з евакуації або відселення постраждалих;

здійснення у межах повноважень, визначених законом, заходів протимінної діяльності;

санітарної обробки населення та спеціальної обробки одягу, техніки, обладнання, засобів захисту, будівель, споруд і територій, які зазнали радіоактивного, хімічного забруднення чи біологічного зараження;

забезпечення громадського порядку в зоні надзвичайної ситуації;

відновлення роботи пошкоджених об'єктів життєзабезпечення населення, транспорту і зв'язку;

проведення інших робіт та заходів, залежно від характеру та виду надзвичайної ситуації [3].

Ось приклад використання БПАК для проведення розвідки будівлі під час моніторингу наслідків ракетного обстрілу (рис.9).

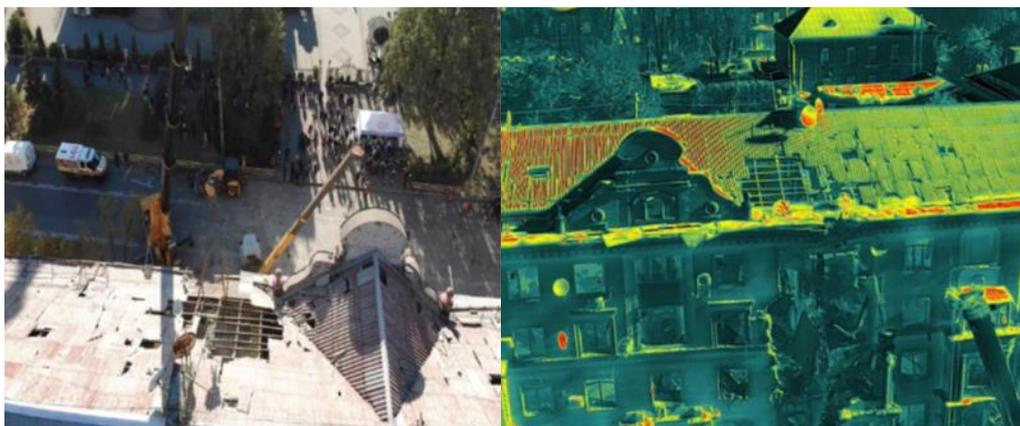


Рисунок 9 – Фото з БПЛА під час проведення моніторингу зруйнованої ракетним обстрілом будівлі

За допомогою БПЛА, з тепловізійною камерою, рятувальникам вдалось швидко провести розвідку, оцінити серйозність руйнування будівлі, знайти та врятувати людину.

Безпілотні системи відіграють критичну роль у забезпеченні техногенної безпеки зруйнованих об'єктів в тому числі і внаслідок бойових дій. Завдяки їхнім унікальним можливостям збору даних, моніторингу та проведення рятувальних операцій, такі технології

допомагають мінімізувати ризики техногенних катастроф, забезпечують безпеку рятувальників та сприяють оперативному реагуванню на надзвичайні ситуації різного характеру.

### **Специфіка ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, пожеж та небезпечних подій на прифронтових територіях**

Органи управління та підрозділи ДСНС України виконують завдання за призначенням у населених пунктах та/або на територіях, що потрапляють у зону обстрілів під час збройної агресії, із дотриманням особовим складом додаткових заходів безпеки та з урахуванням ситуації, що склалася на місці надзвичайної події, пов'язаної з обстрілами.

Реагування на НС, пожежі, небезпечні події, проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, розмінування, участь у заходах з евакуації та життєзабезпечення населення, доставка гуманітарної допомоги, забезпечення функціонування пунктів надання допомоги населенню, надання домедичної та психологічної допомоги постраждалим, забезпечення аварійним електроживленням об'єктів критичної інфраструктури, відновлювальні роботи та облаштування фортифікаційних споруд – усі ці завдання підрозділи ДСНС України

здійснюють у підконтрольних населених пунктах і на територіях.

При цьому виконання вищезазначених заходів можливе лише:

- за умови відсутності загрози життю і здоров'ю особового складу;
- у взаємодії зі штабами зон (районів) територіальної оборони, підрозділами Збройних Сил України, Національної поліції України, Національної гвардії України, Державної прикордонної служби України та місцевими органами виконавчої влади;
- за умови супроводження підрозділу ДСНС України представниками військових формувань у разі виконання завдань за призначенням у районах (на територіях), де можлива діяльність диверсійно-розвідувальних груп противника.

Отримавши інформацію про виникнення НС, пожежі чи іншої небезпечної події, керівник підрозділу ДСНС України, у районі виїзду якого сталася НС, пожежа чи інша небезпечна подія, або старша посадова особа, яка перебуває в підрозділі, уточнює оперативну обстановку, розташування найближчих до місця виклику закладів охорони здоров'я (пунктів надання медичної допомоги) та приймає рішення щодо виїзду підпорядкованих сил і засобів до місця НС, пожежі чи іншої небезпечної події.

Для мінімізації загрози для особового складу чергового караулу (зміни) до місця виклику спочатку виїжджає відповідальний по підрозділу або висилається одне відділення для оцінки обстановки на місці події та на шляху слідування до неї.

Під час проведення розвідки додатково визначають:

- безпечні місця для розміщення пожежно-рятувальної (аварійно-рятувальної) техніки;
- шляхи евакуації та можливі місця для укриття особового складу на випадок повторного обстрілу (захисні споруди, найпростіші укриття, підвальні приміщення, заглиблені споруди, рельєф місцевості тощо);
- наявність ВВП на місці ліквідації НС, пожежі, небезпечної події.

Після проведення розвідки приймається рішення щодо рятування людей, гасіння пожежі, проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, необхідності направлення основних та додаткових сил і засобів.

Пересування підрозділу ДСНС України до місця виникнення НС, пожежі, небезпечної події здійснюється безпечним маршрутом. На випадок непередбачуваної зміни оперативної обстановки під час руху визначається запасний маршрут.

Техніка має рухатися зі збільшеною дистанцією між транспортними засобами. Під час пересування, як правило, вибираються дороги з твердим покриттям, мінімізується кількість зупинок техніки та переміщення особового складу.

З моменту виїзду та повернення до пункту постійної дислокації старша посадова особа підрозділу ДСНС України підтримує зв'язок з ОКЦ, пунктом зв'язку підрозділу та проводить оцінку обстановки на маршруті пересування.

Особовий склад підрозділів ДСНС України під час реагування на НС, пожежі та інші небезпечні події обов'язково повинен застосовувати індивідуальні засоби бронезахисту (бронезилети, бронешоломи) та бути забезпечений індивідуальними медичними аптечками із кровозупинними турнікетами, а пожежно-рятувальні, аварійно-рятувальні автомобілі та спеціальні піротехнічні машини повинні бути укомплектовані медичними укладками і медичними ношами. Враховуючи наближеність до лінії фронту, під час проведення робіт у темний період доби за можливості слід мінімізувати використання потужних приладів освітлення, а застосовувати групові та індивідуальні ліхтарі.

Після прибуття підрозділу ДСНС України до місця НС, пожежі, небезпечної події призначається особа, яка здійснює моніторинг повітряного простору щодо загрози застосування засобів повітряного нападу та оповіщення особового складу про небезпеку. Особи, які здійснюють моніторинг повітряного простору щодо загрози застосування засобів повітряного нападу, підтримують зв'язок з ОКЦ.

Для оповіщення особового складу про небезпеку та екстреного відходу із місць ліквідації НС, пожежі, небезпечної події встановлюється сигнал «Увага, небезпека. Усі в укриття», який може оголошуватися через гучномовні пристрої пожежно-рятувальних (аварійно-рятувальних) автомобілів і по радіостанції.

У разі відсутності зв'язку на місці ліквідації НС, пожежі, небезпечної події старша посадова особа підрозділу ДСНС України чи мобільної оперативної групи з урахуванням оперативної обстановки вживає заходів для організації зв'язку з ОКЦ (ПЗЧ), у тому числі через представників підрозділів Збройних Сил України, Національної поліції України, Національної гвардії України, Державної прикордонної служби України, які перебувають на місці ліквідації НС, пожежі, небезпечної події, та шляхом виходу визначеної особи підрозділу ДСНС України поза зону відсутності зв'язку.

У разі відновлення зв'язку з ОКЦ, старша посадова особа підрозділу ДСНС України негайно інформує керівництво та координує подальші дії, враховуючи специфіку оперативної обстановки, що характеризується підвищеною небезпекою та можливими загрозами з боку бойових дій. Проводиться оперативне оновлення інформації про стан об'єкта, пересування підрозділів та задіяних служб, що дозволяє швидко коригувати план реагування з урахуванням змін ситуації у зоні підвищеного ризику. За необхідності ініціюється залучення додаткових ресурсів, а також розподіл завдань серед рятувальних груп, представників Збройних Сил, Національної поліції, Національної гвардії та інших структур.

Після завершення ліквідації НС, пожежі чи іншої небезпечної події підрозділ ДСНС України повертається до місця постійної дислокації, дотримуючись усіх заходів безпеки під час пересування. Під час руху особовий склад продовжує підтримувати зв'язок з ОКЦ та іншими відповідними службами, щоб отримати оперативну інформацію та коригувати маршрут у разі необхідності. Після прибуття до місця дислокації проводиться оцінка виконаних завдань, ротація та підготовка до можливих нових викликів. Техніка і засоби, що брали участь у рятувальних роботах, перевіряються та готуються до подальшого використання.

### **Підвищення ефективності роботи відділень БПЛА ДСНС України шляхом використання антен спрямованої дії в станціях керування безпілотними літальними апаратами**

У зв'язку з модернізацією підрозділів ДСНС України в березні 2024 року були затверджені нові норми табельної належності які засвідчили створення нового оперативного формування – відділення БПЛА. Як правило склад відділення складається з екіпажу БПЛА та водія автомобіля. Відділення оснащене спеціальним автомобілем БПЛА (укомплектоване за нормою – 31.19). Відділення є мобільним центром зі збору, обробки та подальшої передачі інформації з місць ліквідації НС за допомогою безпілотних систем, які розміщуються на базі легкових автомобілів (пікапи, мікроавтобуси).

Наразі більшість таких спеціальних автомобілів БПЛА фактично виконують лише функцію перевезення особового складу та обладнання, не маючи технічної інтеграції з системами

управління безпілотним повітряним судном. Одним із шляхів покращення функціональності відділення є технічне переоснащення станцій керування БПЛА шляхом оснащенням їх антенами спрямованої дії, стаціонарно встановлених на автомобіль або виносних конструкцій

### **Направлені антени, як засіб підвищення якості зв'язку при використанні БПЛА**

Спрямовані антени дозволяють суттєво покращити якість зв'язку між пультом управління і БПЛА. Стандартні пульти, на кшталт RC Pro, RC-N1 від DJI використовують всеспрямовані антени які мають широку діаграму спрямованості, що обмежує стабільність сигналу у складних умовах або при відстані понад 5км. Використання спрямованих антен зужує діаграму спрямованості, збільшуючи коефіцієнт підсилення (до 18 dBi і більше), забезпечуючи підсилення сигналу у вибраному напрямку, що дозволяє:

- збільшити реальну дальність польоту;
- покращити стабільність передачі відео та телеметрії;
- мінімізувати затримки та обриви сигналу.

Антени можуть бути встановлені на дах або висувну щоглу мікроавтобуса (також доцільно розглядає переносну виносну щоглу на тринозі), під'єднані до модифікованого пульта через підсилювач або SMA-конектор. Відеозображення може транслюватися на вмонтований екран або ноутбук усередині автомобіля, де зовнішній пілот у комфортних умовах здійснює керування.

Зменшення впливу засобів радіоелектронної боротьби

В умовах роботи відділення БПЛА на територіях наближених до проведення бойових дій велика ймовірність зазнати впливу засобів РЕБ, які спрямовані на глушіння каналів керування. До таких систем належать, зокрема, російський «Поле-21», білоруський «Гроза-С», український «Анклав-У». Їх робота призводить до втрати сигналу керування, аварійного завершення польоту або примусового приземлення БПЛА.

РЕБ системи глушать сигнал шляхом генерації радіошуму. Спрямовані антени зменшують вплив шуму завдяки збільшенню потужності сигналу у заданому напрямку, тобто збільшення SNR або відношення сигнал/шум.

Технічне переоснащення станцій керування БПЛА в спеціальних автомобілях БПЛА шляхом оснащенням їх антенами направленої дії є технічно доцільним і стратегічно перспективним кроком. Це рішення призведе до покращення якості сигналу керування БПЛА та зменшення впливу засобів РЕБ що суттєво підвищить ефективність дій рятувальників у складних умовах сьогодення.

**Обговорення результатів досліджень.** Враховуючи всі вищезазвані проблеми автори дослідили їх та створили ряд рекомендаційних заходів, що полегшить інтеграцію системи БПЛА у практичну діяльність підрозділів ДСНС України.

1. Визначити ролі зовнішнього пілота БПЛА та зовнішнього пілота (оператора) №2 перед його безпосереднім використанням на місці надзвичайної ситуації. Зовнішній пілот БПЛА має бути зосереджений лише на самій операції польоту, а не виконувати інші пов'язані з цим завдання. Тому рекомендується, щоб екіпаж БПАК складався мінімум з 2 осіб. Для ефективного виконання пошукових операцій може знадобитися навіть три або чотири людини. Втома та інші зовнішні чинники також повинні бути враховані для того, щоб інші зовнішні пілоти БПЛА та зовнішні пілоти (оператори) №2 могли замінити працюючий екіпаж БПАК.

2. Як згадувалося раніше у статті, використанню можливостей БПЛА іноді заважають погодні умови, особливо вітер, хмарність і дощ. Хоча, повністю захиститись від атмосферних впливів неможливо, виробники докладають зусиль для покращення довговічності та можливостей апаратного забезпечення для польотів у складних погодних умовах. Тому, на даному етапі актуальним стає рівень підготовленості зовнішнього пілота БПЛА працювати за екстремальних умов, що досягається постійним підвищення кваліфікації та практичними відпрацюваннями.

3. Бувають обставини, коли екіпажові БПАК може знадобитися скинути предмет пораненому, наприклад, рятувальне коло, термоковдру, мобільний телефон, маркер тощо. На даний момент можливість це зробити обмежена, оскільки платформа, а іноді й законодавство, не дозволяють цього зробити. Як наслідок, виробники БПЛА роблять майбутні платформи

готовими для легкого додавання до них можливостей скидання предметів для рятування людей. Можливо законодавство також буде змінено і таку можливість буде надано для екстрених служб у майбутньому. Тому, потрібно постійно здійснювати моніторинг зміни в нормативно-правових актах та вимогах до використання БПЛА.

4. Під час використання БПЛА безпека має першочергове значення. Довіра громадськості до використання БПЛА аварійними службами також є надзвичайно важливою, і багато громадян хвилюються, як бачать в небі дрон. Безпека також важлива, коли БПЛА використовується разом із САЗ (спеціальним авіаційним загonom), (вертольоти та інше повітряне обладнання) з різних екстрених служб.

Щоб зміцнити довіру наших громадян до використання БПЛА під час надзвичайних ситуацій і рятувальних операцій, аварійні служби разом із виробниками платформ мають забезпечити можливість їх ідентифікувати як платформу «блакитного кольору» з відповідними вогнями, маяками та маркуванням. Крім того, екстрені служби повинні розглянути можливість використання злітно-посадкового майданчика з відповідними вогнями та маркуванням всередині, щоб забезпечити ще більш безпечні посадки.

На додаток до цього, однією з цікавих ініціатив, розроблених Середнім і Західним Уельсом, було впровадження темної кімнати для підтримки та допомоги пілоту та оператору польоту. Досвід екіпажів БПАК цієї країни у боротьбі з відблисками на екранах та іншими погодними проблемами, що заважали їхній роботі, призвів до розробки рішення, яке б захистило їх від зовнішніх факторів і розширило їхні можливості. Приклад такої кімнати показаний на рис. 10.



Рисунок 10 – Змодельована темна кімната для роботи зовнішнього пілота БПЛА

5. Однією з багатьох додаткових можливостей, які може надати БПЛА, є використання поточних даних (зображення, відео, телеметрія), які він фіксує. Технології бортових БПЛА швидко розвиваються, а якість і стабільність зображень дуже високі. Поки SD-карта на борту БПЛА записує зображення та відео, через канал із БПЛА майже в «реальному часі» відео транслюється керівнику ліквідації надзвичайної ситуації.

Для цього дані повинні безпечно та ефективно передаватись через телекомунікаційні мережі 3G і 4G, але для деяких випадків такі мережі недоступні, тому потрібно використовувати супутникові мережі.

Незалежно від доступних телекомунікаційних мереж, виробники БПЛА повинні переконатися, що платформа має можливість надсилати дані до Incident Commander у безпечному режимі. На даний момент для цього існують деякі сторонні продукти, і вони справді використовуються екстреними службами інших країн. Однак, капітальні та експлуатаційні витрати можуть зробити цю технологію недосяжною для багатьох екстрених служб і, тому, можливості інтегрованої трансляції повинні бути вбудовані в БПЛА у майбутньому.

6. Під час виконання завдань можна використовувати різні камери, включаючи тепловізійну камеру. Обидві камери мають різні можливості та способи використання. Однак одним із початкових обмежень є те, що коли доводиться змінювати камеру втрачається час на посадку і повернення БПЛА на вихідну позицію, що є критичним під час надзвичайної ситуації.

Тому рекомендується розглянути можливість використання в екстремальних ситуаціях подвійної камери, якщо БПЛА платформа дає можливість це зробити. Використання двох камер забезпечить гнучкість, результативність і ефективність виконання завдань.

7. Отримання БПЛА в підрозділі також означає необхідність отримати додаткові елементи до БПЛА. Це може бути футляр для зберігання чи перенесення, запасні частини, такі як гвинти, додатковий блок живлення або батареї. Виробникам БПЛА рекомендується постачати також разом пакети для ремонту, які включають все, що їм потрібно з точки зору швидкого ремонту і заміни, а також додаткові варіанти програмного забезпечення.

### **Висновки**

З початком використання БПЛА в підрозділах ДСНС України виникатимуть багато запитань і невизначеностей щодо ролі цих безпілотних літальних апаратів, як частини загального інструментарію під час реагування на надзвичайні ситуації або пошуку та рятування людей.

Невизначеність пояснюється тим фактом, що технологія була і є відносно новою, і багато готових платформ не призначені для таких критично важливих операцій. Адже багато БПЛА призначені для інших цілей, таких як сільське господарство, фотографія та відеозйомка. І їх ніхто спеціально не проектував для використання під час реагування на надзвичайні ситуації, ліквідації наслідків стихійних лих або виконання пошуково-рятувальних робіт.

Однак проаналізовані приклади використання БПЛА у екстремальних ситуаціях показують, що їх застосування розширює функціонал і покращує результативність реагування підрозділів аварійно-рятувальної служби на надзвичайні ситуації. В статті автори аналізували використання БПЛА для пошуку зниклих, що проводилося швидко та ефективно, наводилися випадки, використання БПЛА над палаючими будівлями, що містять багато небезпечних хімічних речовин та для виявлення «гарячих точок» пожежі в будівлях та управлінням реагуванням на ці ситуації. Загалом вони допомагають керівнику з ліквідації надзвичайної ситуації приймати обґрунтовані рішення, які призводять до кращих результатів з локалізації та ліквідації надзвичайних ситуацій.

БПЛА не замінить працівників ДСНС України, поліцейських чи екіпаж вертольота. Вони просто стануть інтегрованими в загальне реагування на надзвичайні ситуації та ліквідацію наслідків стихійних лих, що призводять до прийняття більш обґрунтованих рішень та кращих результатів.

Технології швидко розвиваються, і як показує тенденція БПЛА завтрашнього дня будуть розумнішими, швидшими, витривалішими з покращеними можливостями, такими як уникнення зіткнень, довший час польоту та швидший обмін даними. Автори переконані, що екстрені служби майбутнього використовуватимуть БПЛА у своїх щоденних операціях, а також повноцінно в автономних польотах в нічний час, що стане ще більш економічно ефективнішим.

### **Список використаних джерел**

1. Кодекс Цивільного Захисту від 02.10.2012 № 5403-VI;
2. Наказ МО України від 08.12.2016 № 661 "Про затвердження Правил виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України"
3. Наказ ДСНС України від 20.11.2018 № 675 "Про допуск до експлуатації безпілотних літальних апаратів".
4. Криськова С. (2019). Проекти з розширення доступу до інтернету з використанням безпілотних літаючих апаратів. Матеріали II Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 39-40.
5. Кравчук С. О. (2019). Безпілотний літальний апарат в якості мобільного M2M-шлюзу для безпроводових всепроникаючих мереж. Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи телекомунікацій».

6. Kim, J., Kim, S., Ju, C., & Son, H. I. (2019). Unmanned aerial vehicles in agriculture: A review of perspective of platform, control, and applications. *Ieee Access*, 7, 105100-105115.
7. del Cerro, J., Cruz Ulloa, C., Barrientos, A., & de León Rivas, J. (2021). Unmanned aerial vehicles in agriculture: A survey. *Agronomy*, 11(2), 203. 6.
8. Maddikunta, P. K. R., Hakak, S., Alazab, M., Bhattacharya, S., Gadekallu, T. R., Khan, W. Z., & Pham, Q. V. (2021). Unmanned aerial vehicles in smart agriculture: Applications, requirements, and challenges. *IEEE Sensors Journal*, 21(16), 17608-17619.
9. Giordan, D., Adams, M. S., Aicardi, I., Alicandro, M., Allasia, P., Baldo, M., & Troilo, F. (2020). The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for engineering geology applications. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 79, 3437-3481.
10. Boon, D. P., Chambers, J. E., Hobbs, P. R., Kirkham, M., Merritt, A. J., Dashwood, C., & Wilby, P. R. (2015). A combined geomorphological and geophysical approach to characterising relict landslide hazard on the Jurassic Escarpments of Great Britain. *Geomorphology*, 248, 296-310.
11. Лаврівський, М. З., & Гавриць, А. П. (2017). Розвиток безпілотних літальних апаратів в Україні та світі для виконання завдань цивільного захисту. *Науковий вісник НЛТУ України*, 27(1), 151-153.
12. Nikolaevich, K. V., Starodub, Y., & Havrys, A. (2021). Computer Modeling in the Application to Geothermal Engineering. *Advances in Civil Engineering*, 2021, 1-23. <https://doi.org/10.1155/2021/6619991>.
13. Amici, S., Turci, M., Giammanco, S., Spampinato, L., & Giulietti, F. (2013). UAV thermal infrared remote sensing of an Italian mud volcano. *Advances in Remote Sensing*.
14. Havrys, A., Yakovchuk, R., Pekarska, O., Tur, N. (2023). Visualization of fire in space and time on the basis of the method of spatial location of fire-dangerous areas. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(2).
15. Aronica, G. T., Biondi, G., Brigandi, G., Cascone, E., Lanza, S., & Randazzo, G. (2012). Assessment and mapping of debris-flow risk in a small catchment in eastern Sicily through integrated numerical simulations and GIS. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 49, 52-63.
16. Cánovas, J. B., Stoffel, M., Corona, C., Schraml, K., Gobiet, A., Tani, S., & Kaitna, R. (2016). Debris-flow risk analysis in a managed torrent based on a stochastic life-cycle performance
17. Cignetti, M., Godone, D., Wrzesniak, A., & Giordan, D. (2019). Structure from motion multisource application for landslide characterization and monitoring: the Champlas du Col case study, Sestriere, North-Western Italy. *Sensors*, 19(10), 2364. *Science of the total environment*, 557, 142-153.
18. Bühler, Y., Adams, M. S., Bösch, R., & Stoffel, A. (2016). Mapping snow depth in alpine terrain with unmanned aerial systems (UASs): potential and limitations. *The Cryosphere*, 10(3), 1075-1088.
19. Starodub, Y. P. & Havrys, A. P., (2018). Conceptual model of portfolio management project for territories protection against flooding. *MATEC Web of Conferences* 247, 00019 (2018) <https://doi.org/10.1051/mateconf/201824700019>
20. Starodub, Y., Karabyn, V., Havrys, A., Shainogal, I., & Samberg, A. (2018, October). Flood risk assessment of Chervonograd mining-industrial district. In *Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XX* (Vol. 10783, pp. 169-173). SPIE.
21. Havrys, A., & Khlevnoi, O. (2022). Software-based method of determining the necessary population evacuation zone in case of a chemical accident.
22. Boccardo, P., Chiabrando, F., Dutto, F., Giulio Tonolo, F., & Lingua, A. (2015). UAV deployment exercise for mapping purposes: Evaluation of emergency response applications. *Sensors*, 15(7), 15717-15737.
23. Calantropio, A., Chiabrando, F., Sammartano, G., Spanò, A., & Losè, L. T. (2018). UAV strategies validation and remote sensing data for damage assessment in post-disaster scenarios. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 121-128.
24. Official website Viewpro. Access –<http://www.viewprotech.com/index.php?ac=article&at=read&did=536><http://www.viewprotech.com/index.php?ac=article&at=read&did=536>

25. Державне агентство лісових ресурсів України. [http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art\\_id=62971&cat\\_id=32880](http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=62971&cat_id=32880)
26. Глотов В. Аналіз можливостей застосування безпілотних літальних апаратів для аерознімальних процесів / Глотов В., Гуніна А. // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. 2014. Вип. II (28). С. 65–70. [Електронний ресурс]. Режим доступу <http://vlp.com.ua/node/12639>.
27. Застосування безпілотних авіаційних систем у сфері цивільного захисту: монографія / Д.В. Бондар, А.В. Гурник, А.О. Литовченко, В.В. Хижняк, В.Л. Шевченко, Д.М. Ядченко. Київ, 2022, 312 с.
28. Кирилів Я.Б., Жиденко І.В., Калужняк І.І. Застосування БПЛА під час ліквідації пожеж у природних екосистемах у період воєнного стану: Матеріали круглого столу «Об'єднання теорій та практики запорука підвищення готовності оперативно-рятувальних підрозділів до виконання дій за призначенням» – Черкаси: НУЦЗУ, 2024. С. 180–184.
29. Кирилів Я.Б., Калужняк І.І., Литовченко А.О. Використання БПЛА для виявлення та гасіння лісових пожеж в умовах війни: Зб. тез доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека в умовах війни». Львів: ЛДУ БЖД, 2024. С. 28–30.

### References

1. Civil Protection Code of Ukraine No. 5403-VI, dated October 2, 2012.
2. Order of the Ministry of Defense of Ukraine dated December 08, 2016 No. 661 "On approval of the Rules for flights by unmanned aircraft complexes of state aviation of Ukraine"
3. Order of the State Emergency Service of Ukraine dated November 20, 2018 No. 675 "On admission to the operation of unmanned aerial vehicles".
4. Kryskova, S. (2019). Projects on expanding access to the Internet using unmanned aerial vehicles. Materials of the II International Student Scientific and Technical Conference "Natural and Humanities. Current issues ", 39-40.
5. Kravchuk, S. O. (2019). Unmanned aerial vehicle as a mobile M2M gateway for wireless pervasive networks. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference "Telecommunications Perspectives".
6. Kim, J., Kim, S., Ju, C., & Son, H. I. (2019). Unmanned aerial vehicles in agriculture: A review of perspective of platform, control, and applications. *Ieee Access*, 7, 105100-105115.
7. del Cerro, J., Cruz Ulloa, C., Barrientos, A., & de León Rivas, J. (2021). Unmanned aerial vehicles in agriculture: A survey. *Agronomy*, 11(2), 203.
8. Maddikunta, P. K. R., Hakak, S., Alazab, M., Bhattacharya, S., Gadekallu, T. R., Khan, W. Z., & Pham, Q. V. (2021). Unmanned aerial vehicles in smart agriculture: Applications, requirements, and challenges. *IEEE Sensors Journal*, 21(16), 17608-17619.
9. Giordan, D., Adams, M. S., Aicardi, I., Alicandro, M., Allasia, P., Baldo, M., & Troilo, F. (2020). The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for engineering geology applications. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 79, 3437-3481.
10. Boon, D. P., Chambers, J. E., Hobbs, P. R., Kirkham, M., Merritt, A. J., Dashwood, C., & Wilby, P. R. (2015). A combined geomorphological and geophysical approach to characterising relict landslide hazard on the Jurassic Escarpments of Great Britain. *Geomorphology*, 248, 296-310.
11. Lavrivskiy, M. Z., & Havrys, A. P. (2017). Development of unmanned aerial vehicles in Ukraine and the world for the performance of civil defense tasks. *Scientific bulletin of NLTU of Ukraine*, 27(1), 151-153.
12. Nikolaevich, K. V., Starodub, Y., & Havrys, A. (2021). Computer Modeling in the Application to Geothermal Engineering. *Advances in Civil Engineering*, 2021, 1-23. <https://doi.org/10.1155/2021/6619991>.
13. Amici, S., Turci, M., Giammanco, S., Spampinato, L., & Giulietti, F. (2013). UAV thermal infrared remote sensing of an Italian mud volcano. *Advances in Remote Sensing*.

14. Havrys, A., Yakovchuk, R., Pekarska, O., Tur, N. (2023). Visualization of fire in space and time on the basis of the method of spatial location of fire-dangerous areas. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(2).
15. Aronica, G. T., Biondi, G., Brigandi, G., Cascone, E., Lanza, S., & Randazzo, G. (2012). Assessment and mapping of debris-flow risk in a small catchment in eastern Sicily through integrated numerical simulations and GIS. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 49, 52-63.
16. Cánovas, J. B., Stoffel, M., Corona, C., Schraml, K., Gobiet, A., Tani, S., & Kaitna, R. (2016). Debris-flow risk analysis in a managed torrent based on a stochastic life-cycle performance
17. Cignetti, M., Godone, D., Wrzesniak, A., & Giordan, D. (2019). Structure from motion multisource application for landslide characterization and monitoring: the Champlas du Col case study, Sestriere, North-Western Italy. *Sensors*, 19(10), 2364. *Science of the total environment*, 557, 142-153.
18. Bühler, Y., Adams, M. S., Bösch, R., & Stoffel, A. (2016). Mapping snow depth in alpine terrain with unmanned aerial systems (UAS): potential and limitations. *The Cryosphere*, 10(3), 1075-1088.
19. Starodub, Y. P. & Havrys, A. P., (2018). Conceptual model of portfolio management project for territories protection against flooding. *MATEC Web of Conferences* 247, 00019 (2018) <https://doi.org/10.1051/mateconf/201824700019>
20. Starodub, Y., Karabyn, V., Havrys, A., Shainogal, I., & Samberg, A. (2018, October). Flood risk assessment of Chervonograd mining-industrial district. In *Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XX* (Vol. 10783, pp. 169-173). SPIE.
21. Havrys, A., & Khlevnoi, O. (2022). Software-based method of determining the necessary population evacuation zone in case of a chemical accident.
22. Гаврись, А. П., Лаврівський, М. З., Філіппова, В. В., & Марценюк, А. Ю. (2024). Аналіз ефективності та перспектив застосування безпілотних літальних апаратів у сфері цивільного захисту. Міжнародний науковий журнал «Грааль науки». – Відень. – Листопад, 2024. – №46. – с.531-546.
23. Calantropio, A., Chiabrandò, F., Sammartano, G., Spanò, A., & Losè, L. T. (2018). UAV strategies validation and remote sensing data for damage assessment in post-disaster scenarios. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 121-128.
24. Official website Viewpro. Access –<http://www.viewprotech.com/index.php?ac=article&at=read&did=536><http://www.viewprotech.com/index.php?ac=article&at=read&did=536>
25. State Agency of Forest Resources of Ukraine [http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art\\_id=62971&cat\\_id=32880](http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=62971&cat_id=32880)
26. Glotov V. Analysis of the possibilities of using unmanned aerial vehicles for aerial surveying processes / Glotov V., Gunina A. // *Modern achievements of geodetic science and production*. 2014. Issue II (28). P. 65–70. [Electronic resource]. Access mode <http://vlp.com.ua/node/12639>.
27. Zastosuvannia bezpilotnykh aviatsiinykh system u sferi tsyvilnoho zakhystu: monohrafiia / D.V. Bondar, A.V. Hurnyk, A.O. Lytovchenko, V.V. Khyzhniak, V.L. Shevchenko, D.M. Yadchenko. Kyiv, 2022, 312 s.
28. Kyryliv Ya.B., Zhydenko I.V., Kaluzhniak I.I. Zastosuvannia BpLA pid chas likvidatsii pozhezh u pryrodnykh ekosystemakh u period voiennoho stanu: Materialy kruhloho stolu «Obiednannia teorii ta praktyky zaporuka pidvyshchennia hotovnosti operatyvno-riatuvalnykh pidrozdiliv do vykonannia dii za pryznachenniam». Cherkasy: NUTsZU, 2024. S. 180–184.
29. Kyryliv Ya.B, Kaluzhniak I.I., Lytovchenko A.O. Vykorystannia BpLA dlia vyivlennia ta hasinnia lisovykh pozhezh v umovakh viiny: Zb. tez dopovidei V Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi konferentsii «Ekolohichna bezpeka v umovakh viiny» Lviv: LDU BZhD, 2024. S. 28–30.

*колективна монографія  
за загальною редакцією*

**БОНДАРЯ Дмитра Володимировича**

**ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ В УМОВАХ ВІЙНИ**

**CIVIL PROTECTION IN TIMES OF WAR**

|                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| Літературний редактор | <b>Галина ПАДИК</b>     |
| Технічний редактор    | <b>Роман ЯКОВЧУК</b>    |
| Комп'ютерна верстка   | <b>Маріанна КЛИМУС</b>  |
| Друк                  | <b>Назарій ПЕТРОЛЮК</b> |

Підписано до друку 04.09.2025 р.  
Формат 60x84/12. Гарнітура Times New Roman.  
Папір офсетний. Ум. Друк. арк. 43,6. Тираж 100.

Друк ЛДУБЖД  
79007, Україна, м. Львів, вул. Клепарівська, 35  
Тел. /факс: (032)233-24-79  
E-mail: vnrd@ldubgd.edu.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №7249 від 09.02.2021 р.

**ЗАПОБІГТИ**  
**ВРЯТУВАТИ**  
**ДОПОМОГТИ**



ISBN 978-617-8654-10-8



9 786178 654108 >