

УДК 005.334:623.459:614.8

*А. О. Губенко¹, к.держ.упр., нач. каф. (ORCID 0009-0007-3647-3909)**Д. В. Золочевський¹, викл. каф. (ORCID 0009-0000-3076-5272)**А. В. Дядченко², н.с. відділу (ORCID 0009-0007-0518-3562)**Р. В. Корнієнко¹, к.т.н., с.д., пров. н.с. відділу (ORCID 0000-0003-4854-283X)*¹*Національний університет цивільного захисту України, Черкаси, Україна*²*Військовий інститут танкових військ НТУ «ХПІ», Харків, Україна*

УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ РОБІТ З ВИЯВЛЕННЯ ТА ЗНИЩЕННЯ (ЗНЕШКОДЖЕННЯ) ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

Обґрунтовано науково-прикладний підхід до управління ризиками під час виконання робіт з виявлення та знищення (знешкодження) вибухонебезпечних предметів у протимінній діяльності. Показано, що безпека таких робіт визначається не лише дотриманням установлених процедур, а й якістю ідентифікації вибухонебезпечних предметів, повнотою вихідної інформації, складністю оперативної обстановки, технічною надійністю засобів пошуку і знищення (знешкодження), станом навколишнього середовища, людським фактором та рівнем управлінської координації. Запропоновано інтегральну модель оцінювання ризику, яка ґрунтується на зважуванні ключових факторів впливу, нормуванні їхніх значень та введенні сценарного коефіцієнта, що враховує особливості місця виконання завдання. Наведено шкалу інтерпретації рівнів ризику, розрахунковий приклад і результати аналізу чутливості моделі. Установлено, що найбільший вплив на підсумковий рівень ризику мають імовірність небезпечної події, тяжкість можливих наслідків, складність оперативної обстановки, технічна надійність та людський фактор. Доведено, що застосування формалізованої моделі управління ризиками дає змогу підвищити обґрунтованість управлінських рішень, поліпшити планування робіт, зменшити ймовірність помилок персоналу та посилити безпеку виконання завдань. Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання запропонованого підходу під час підготовки фахівців з протимінної діяльності, організації робіт і розроблення відомчих процедур оцінювання ризику. Запропонований підхід може бути адаптований до різних сценаріїв виконання робіт, зокрема на відкритій місцевості, у забудові, поблизу об'єктів критичної інфраструктури та в умовах обмеженого доступу, що забезпечує його універсальність для піротехнічних підрозділів ДСНС. Це розширює можливості його застосування в навчальній і оперативній діяльності.

Ключові слова: управління ризиками, виявлення, ідентифікація вибухонебезпечних предметів, вибухонебезпечні предмети, знешкодження

1. Вступ

Роботи з виявлення та знищення (знешкодження) вибухонебезпечних предметів належать до найбільш небезпечних видів діяльності у сфері протимінної діяльності, оскільки поєднують вплив технічних, організаційних, просторових і психофізіологічних факторів ризику [1, 2, 6, 7]. Безпека їх виконання залежить не лише від формального дотримання установлених процедур, а й від здатності керівника та виконавців своєчасно ідентифікувати небезпеки, оцінювати рівень ризику, запроваджувати адекватні заходи контролю та переглядати рішення за зміни умов [1, 4, 5].

Міжнародні стандарти протимінної діяльності розглядають ризик-менеджмент як безперервний процес ідентифікації, оцінювання, контролю й перегляду ризику в межах усіх управлінських і операційних процесів [1]. Водночас вітчизняне нормативне поле визначає організаційні та правові засади протимінної діяльності, порядок реагування на виявлення небезпечних предметів, технічне обстеження та координацію суб'єктів у цій сфері [12–15]. На практиці виконання

завдань з ВВП ризик формується під впливом низки взаємопов'язаних чинників: характеру загрози, якості вихідних даних, особливостей місцевості, технічної справності обладнання, часових обмежень, людського фактора та рівня міжвідомчої взаємодії. За таких умов описового аналізу небезпеки вже недостатньо. Потрібний формалізований підхід, який дає змогу кількісно порівнювати варіанти дій, виявляти найкритичніші фактори та обґрунтовувати управлінські рішення [6, 8, 10, 22].

Роботи з виявлення та знищення (знешкодження) вибухонебезпечних предметів характеризуються підвищеним рівнем небезпеки, що зумовлений комплексною дією технічних, організаційних, просторових і людських факторів, які змінюються в реальному часі. Безпека їх виконання залежить не лише від дотримання встановлених процедур, а й від здатності своєчасно ідентифікувати загрози, адекватно оцінювати рівень ризику та коригувати рішення відповідно до зміни обстановки. За таких умов традиційний описовий підхід до оцінювання небезпеки є недостатнім, оскільки не дозволяє обґрунтовано порівнювати варіанти дій і визначати пріоритети управлінського впливу, що обумовлює необхідність застосування формалізованих підходів до управління ризиками.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

У міжнародній літературі питання управління ризиками у сфері протимінної діяльності (Mine Action) розкриваються через стандарти IMAS, настанови щодо залишкового ризику, польового оцінювання небезпеки, систем охорони праці та інформаційного менеджменту [1–5; 8–9]. IMAS 07.14 визначає концептуальні засади управління ризиками, IMAS 10.10 і IMAS 10.20 деталізують вимоги до безпеки робочої ділянки та охорони праці, а технічні настанови орієнтують на системне оцінювання залишкового ризику і польовий перегляд рішень [1–5].

Стандарти ISO 31000:2018 та ISO 45001:2018 доповнюють цю базу загальними принципами інтегрованого ризик-менеджменту й управління професійною безпекою. Їхнє значення полягає у можливості адаптації універсальних підходів до специфічних умов протимінної діяльності, де рівень ризику є динамічним і суттєво залежить від контексту виконання завдання [6–7]. Окремий напрям сучасних досліджень пов'язаний із використанням геоінформаційних систем, цифрового збору польових даних, моделей підтримки прийняття рішень та машинного навчання для просторової пріоритезації небезпечних ділянок і підвищення якості планування [10–11].

Вітчизняні акти, в свою чергу, регламентують загальні засади протимінної діяльності, порядок взаємодії та функціонування Національного органу з питань протимінної діяльності [12–15; 17, 18, 21].

Водночас аналіз джерел показує, що питання побудови компактної прикладної моделі кількісного оцінювання ризику під час виконання робіт з виявлення та знищення (знешкодження) вибухонебезпечних предметів висвітлено недостатньо. Існує потреба в інструменті, який одночасно спирався б на стандарти безпеки, враховував би багатофакторність загрози та був би придатним для застосування у відомчій практиці й підготовці персоналу.

Проведений аналіз наукових джерел і нормативної бази показав, що існуючі підходи до управління ризиками у сфері протимінної діяльності мають переважно концептуальний або регламентуючий характер і не забезпечують достатнього рівня формалізації для прийняття обґрунтованих рішень у конкретних оперативних умовах. Міжнародні стандарти IMAS і ISO визначають загальні принципи ризик-

менеджменту, а сучасні дослідження орієнтовані на цифрові та геоінформаційні інструменти, однак вони здебільшого спрямовані на стратегічне планування, а не на оперативне оцінювання ризику під час виконання робіт. Вітчизняна нормативна база регламентує організаційні аспекти діяльності, але не містить універсального інструменту кількісного оцінювання ризику. У результаті відсутня компактна, прикладна та адаптивна модель, здатна враховувати багатофакторність загрози і динамічність обстановки, що обумовлює необхідність розроблення інтегрального підходу для практичного застосування у діяльності підрозділів.

3. Мета та завдання дослідження

Метою роботи є розроблення науково обґрунтованого підходу до управління ризиками під час виконання робіт з виявлення та знищення (знешкодження) вибухонебезпечних предметів на основі інтегральної моделі оцінювання ризику.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання:

- 1) Систематизувати основні фактори ризику та запропонувати математичну модель інтегрального оцінювання.
- 2) Встановити шкалу інтерпретації значень ризику, здійснити розрахунковий приклад та аналіз чутливості.
- 3) Обґрунтувати напрями зниження ризику та практичні умови використання моделі у діяльності підрозділів.
- 4) Удосконалити математичну модель з урахуванням типу ВНП та інформаційної невизначеності.

4. Матеріали та методи дослідження

Об'єктом дослідження є процес виконання робіт з виявлення та знищення (знешкодження) вибухонебезпечних предметів у протимінній діяльності.

Предметом дослідження є закономірності формування ризику та методи його кількісного оцінювання з урахуванням сукупності факторів, що впливають на безпеку виконання робіт.

Основна гіпотеза дослідження полягає в тому, що застосування інтегральної моделі оцінювання ризику, побудованої на зважуванні ключових факторів, їх нормуванні та врахуванні сценарних умов виконання завдань, дозволяє підвищити обґрунтованість управлінських рішень і рівень безпеки під час виконання робіт з виявлення та знищення (знешкодження) вибухонебезпечних предметів.

Матеріалами дослідження стали міжнародні стандарти протимінної діяльності, національні нормативно-правові акти України, а також наукові праці, присвячені ризик-менеджменту, інформаційному супроводу й просторовому аналізу у сфері гуманітарного розмінування [1–15].

У роботі використано методи системного аналізу, логіко-структурного узагальнення, експертного шкалювання, нормування показників, вагового моделювання, сценарного підходу та графічної інтерпретації результатів. Сутність запропонованого підходу полягає в тому, що ризик розглядається як інтегральний показник, сформований з урахуванням ключових факторів впливу на безпеку робіт.

Для експертного опису факторів прийнято п'ятибальну шкалу, де 1 відповідає мінімальному впливу, а 5 – максимальному. Перевагою такої шкали є її простота для практичного використання в польових умовах і можливість швидкого перегляду оцінки за зміни обстановки. Для урахування особливостей конкретного сценарію запроваджено коригувальний коефіцієнт, який підвищує чутливість мо-

делі до місця та характеру виконання завдання.

Методи дослідження системний аналіз, логіко-структурне узагальнення, експертне оцінювання, нормування показників, метод вагових коефіцієнтів, сценарне моделювання та аналіз чутливості, що забезпечують формалізацію та кількісне оцінювання ризику в умовах багатофакторної невизначеності.

5. Систематизація основних факторів ризику та пропозиція математичної моделі інтегрального оцінювання

На першому етапі сформовано перелік базових факторів ризику: імовірність небезпечної події Р, тяжкість можливих наслідків С, складність оперативної обстановки О, технічна надійність засобів Т, вплив умов середовища Е, людський фактор Н і якість управління та координації М. Кожен із цих факторів характеризує окремий зріз ризику та може бути оцінений експертно до початку робіт і переглянутий у процесі їх виконання.

Базове значення інтегрального ризику пропонується визначати як зважену суму нормованих оцінок факторів. Нормування необхідне для приведення показників до єдиної шкали і забезпечення можливості їх порівняння. Вагові коефіцієнти відображають різну значущість факторів для підсумкової безпеки виконання завдання.

Загальний вигляд моделі має форму:

$$R = \sum (w_i x_i), \quad (1)$$

$$x_i = b_i / 5, \quad (2)$$

$$R_s = R \cdot k_s, \quad (3)$$

де R – інтегральний рівень ризику; w_i – ваговий коефіцієнт і-го фактора; x_i – нормоване значення і-го фактора; b_i – експертна оцінка за п'ятибальною шкалою; R_s – скориговане значення ризику; k_s – коефіцієнт сценарію.

Така постановка дає змогу одночасно врахувати як властивості самої небезпеки, так і контекст виконання робіт [1, 6].

У табл. 1 наведено прийнятну структуру вагових коефіцієнтів. Її сформовано з урахуванням вимог безпеки Mine Action, логіки ризик-менеджменту та практичної ролі окремих груп факторів у процесі планування і виконання робіт [1–7].

Табл. 1. Вагові коефіцієнти факторів ризику

Фактор ризику	Позначення	Вага
Імовірність небезпечної події	Р	0,18
Тяжкість можливих наслідків	С	0,17
Складність оперативної обстановки	О	0,16
Технічна надійність засобів	Т	0,14
Умови навколишнього середовища	Е	0,11
Людський фактор	Н	0,14
Управління і координація	М	0,10

Як видно з табл. 1, найбільшу вагу мають фактори, пов'язані з імовірністю події, тяжкістю наслідків та складністю оперативної обстановки. Це відповідає

практичній логіці прийняття рішень, коли небезпечність завдання визначається не лише самим фактом наявності підозри на ВВП, а й тим, наскільки складно організувати безпечне виконання робіт у конкретних умовах.

6. Встановлення шкали інтерпретації значень ризику, здійснення розрахункових прикладів та аналізу чутливості

Для практичної перевірки моделі розглянуто сценарій виконання робіт у зоні зі складною оперативною обстановкою, де експертно встановлено такі оцінки: $P=4$, $C=5$, $O=4$, $T=3$, $E=3$, $H=4$, $M=3$. Після нормування одержуємо значення $xP=0,8$; $xC=1,0$; $xO=0,8$; $xT=0,6$; $xE=0,6$; $xH=0,8$; $xM=0,6$. Підстановка в модель (1) дає базовий інтегральний ризик $0,764$.

$$R=0,18 \cdot 0,8 + 0,17 \cdot 1,0 + 0,16 \cdot 0,8 + 0,14 \cdot 0,6 + 0,11 \cdot 0,6 + 0,14 \cdot 0,8 + 0,10 \cdot 0,6 = 0,764. \quad (4)$$

Для сценарію роботи в умовах забудови або в пошкодженій будівлі приймаємо коефіцієнт $k_s=1,20$. У такому разі скориговане значення ризику становить $0,917$. Це означає, що базових заходів контролю недостатньо, а рішення про спосіб виконання робіт має супроводжуватися додатковими організаційними та технічними заходами.

$$R_s = 0,764 \cdot \dots \cdot 1,20 = 0,917. \quad (5)$$

Для інтерпретації результатів у табл. 2 запропоновано чотирирівневу шкалу ризику. Вона зручна для застосування у штабному та польовому плануванні, оскільки поєднує числовий індикатор із рекомендованим управлінським рішенням.

Табл. 2. Шкала інтерпретації інтегрального показника ризику

Діапазон значень	Рівень ризику	Рекомендоване рішення
0,00–0,25	Низький	Виконання робіт у штатному режимі
0,26–0,50	Помірний	Додаткові заходи контролю ризику
0,51–0,75	Високий	Посилення ресурсів і коригування плану
0,76–1,00	Критичний	Зміна способу дій або відтермінування робіт

У розглянутому прикладі значення $0,917$ потрапляє до критичної зони, а отже виконання робіт без перегляду умов і посилення заходів безпеки є недоцільним. Саме така логіка відповідає принципам IMAS щодо постійного перегляду ризику, якщо змінюються припущення, покладені в основу первинного рішення [1, 4, 5].

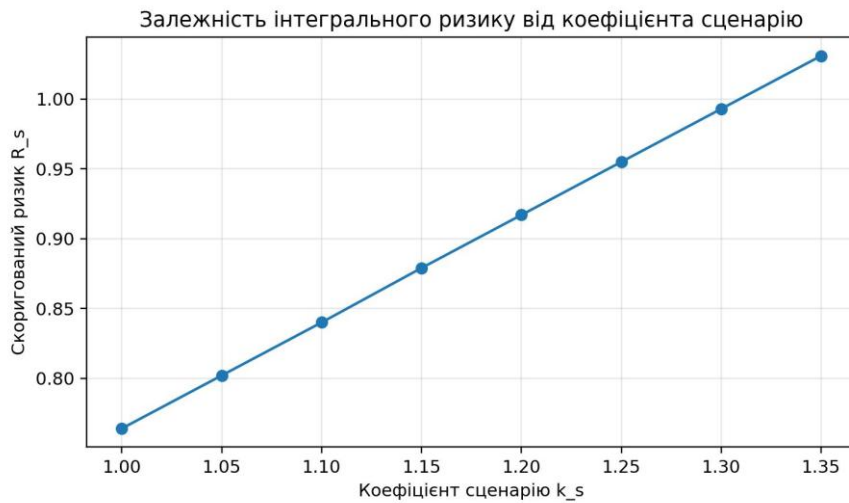
Для оцінювання стійкості моделі проведено аналіз чутливості, у межах якого кожен фактор по черзі зменшувався на один бал за незмінності інших параметрів. Результати подано в табл. 3.

Дані (табл. 3) свідчать, що найбільший вплив на зниження інтегрального ризику мають фактори P , C та O , а також технічна надійність і людський фактор. Це означає, що першочерговими напрямками управлінського впливу повинні бути уточнення характеру загрози, зменшення невизначеності обстановки, підвищення надійності технічного оснащення та зниження ймовірності помилок персоналу через належну підготовку й контроль.

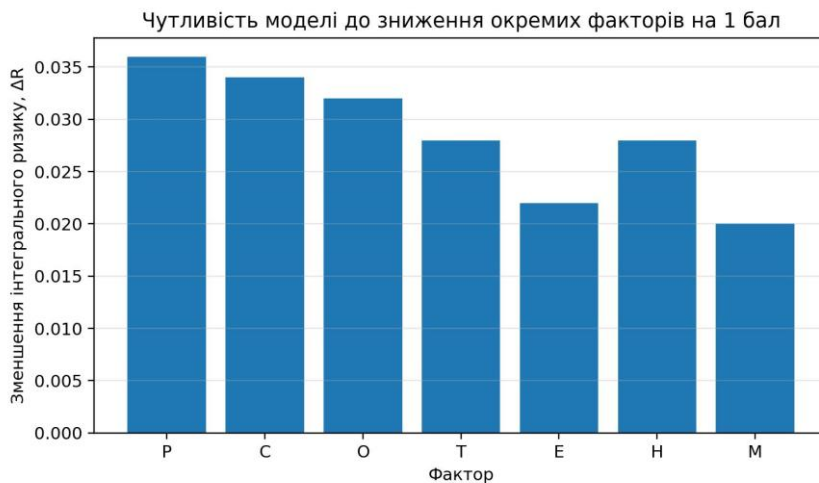
Табл. 3. Аналіз чутливості інтегрального показника ризику

Варіант	Нове значення	Інтегральний ризик	Зміна ΔR
Базовий стан	–	0,764	–
P: 4 → 3	0,6	0,728	-0,036
C: 5 → 4	0,8	0,730	-0,034
O: 4 → 3	0,6	0,732	-0,032
T: 3 → 2	0,4	0,736	-0,028
E: 3 → 2	0,4	0,742	-0,022
H: 4 → 3	0,6	0,736	-0,028
M: 3 → 2	0,4	0,744	-0,020

На рис. 1 показано залежність скоригованого ризику від коефіцієнта сценарію. Видно, що навіть незначне ускладнення умов виконання завдання переводить ризик із високого до критичного рівня.

**Рис. 1. Залежність інтегрального ризику від коефіцієнта сценарію**

На рис. 2 візуалізовано результати аналізу чутливості. Найбільші стовпчики відповідають факторам, зменшення яких на один бал дає найсуттєвіше скорочення ризику, а отже визначає головні пріоритети для організації безпеки.

**Рис. 2. Чутливість моделі до зниження окремих факторів на 1 бал**

На рис. 3 показано, як змінюється інтегральний ризик залежно від балів технічної надійності та людського фактора.

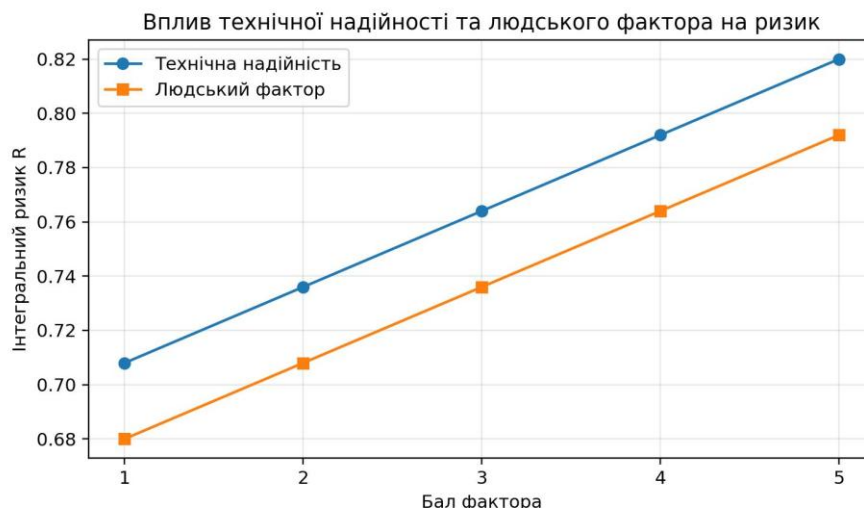


Рис. 3. Вплив технічної надійності та людського фактора на інтегральний ризик

Обидві криві мають зростальний характер (тенденцію до зростання або Обидві криві характеризуються висхідною тенденцією), що підтверджує необхідність одночасної уваги до технічного стану засобів і професійної підготовки персоналу.

7. Обґрунтування напрямів зниження ризику та практичні умови використання моделі у діяльності підрозділів

Практика виконання робіт з виявлення та знищення (знешкодження) вибухонебезпечних предметів показує, що одного лише визначення поточного рівня ризику недостатньо для керівника робіт. Після одержання оцінки ризику необхідно встановити черговість виконання завдань, визначити доцільний спосіб дій та обґрунтувати розподіл обмежених сил і засобів між кількома одночасними заявками. Саме тому до базової моделі доцільно додати блок пріоритезації, який поєднує інтегральний ризик із соціальною значущістю об'єкта, оперативною терміновістю та очікуваними обмеженнями доступу [1, 4, 8, 12, 14].

Для формалізації такого підходу пропонується індекс пріоритетності виконання робіт Q , який враховує не тільки скоригований інтегральний ризик, але й додаткові організаційні характеристики завдання. Це дозволяє уникнути ситуації, коли технічно подібні випадки оцінюються однаково, хоча фактично мають різну суспільну вагу, різний часовий горизонт реагування та різні наслідки відтермінування [6, 7, 10].

Індекс пріоритетності визначається за формулою:

$$Q = \alpha R_s + \beta U + \gamma V + \delta A, \quad (6)$$

де Q – індекс пріоритетності; R_s – скоригований інтегральний ризик; U – коефіцієнт терміновості реагування; V – коефіцієнт вразливості населення або об'єкта; A – коефіцієнт доступності району робіт; $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ – вагові коефіцієнти, для яких $\alpha + \beta + \gamma + \delta = 1$. У прикладному варіанті доцільно приймати $\alpha = 0,45$; $\beta = 0,20$; $\gamma = 0,20$; $\delta = 0,15$, оскільки саме ризик небезпечної події має залишатися домінуючим параметром оцінювання.

У табл. 4 наведено приклад сценарного профілювання заявок, де показано, як змінюється пріоритет залежно від типу ділянки, коефіцієнта сценарію та соціально-

оперативних параметрів. Використання такої таблиці дає змогу керівнику робіт швидко зіставити кілька випадків і прийняти обґрунтоване рішення щодо черговості виїзду підрозділів.

Табл. 4 . Сценарне профілювання заявок та індекс пріоритетності

№	Тип сценарію	k_s	U	V	A	Q
1	Відкрита місц.	1,00	0,40	0,30	0,80	0,63
2	Присадибна	1,10	0,65	0,70	0,75	0,77
3	Житлова буд.	1,20	0,80	0,85	0,60	0,87
4	Критична інфр.	1,25	0,95	0,90	0,70	0,93
5	Освіт./мед. заклад	1,15	0,90	1,00	0,85	0,92

Дані табл. 4 показують, що навіть за близьких значень базового ризику індекс пріоритетності істотно зростає для об'єктів з масовим перебуванням людей та для критичної інфраструктури. У практичній площині це означає, що модель може бути використана не лише для оцінювання безпеки окремого завдання, а й для управління чергою завдань у межах оперативної зміни або зведеного загону.

Дослідження залишкового ризику після впровадження заходів контролю, на цьому етапі важливо оцінити, якою мірою конкретні заходи контролю здатні зменшити вихідний ризик. З позиції IMAS та систем управління безпекою такий підхід відповідає логіці контролю залишкового ризику, коли після вибору процедурних, технічних та організаційних рішень проводиться повторне оцінювання безпеки [2, 5, 6, 7].

Для цього пропонується розраховувати залишковий ризик R_r як функцію базового скоригованого ризику та сукупного коефіцієнта впливу заходів контролю K_c :

$$R_r = R_s \cdot \dots \cdot (1 - K_c), \quad (7)$$

$$K_c = \sum (m_j \cdot e_j), \quad (8)$$

де R_r – залишковий ризик після впровадження заходів; K_c – сукупний коефіцієнт зниження ризику; m_j – вагомність j -го заходу контролю; e_j – експертна оцінка його ефективності. Умова $K_c < 1$ забезпечує збереження фізичного змісту показника. У прикладних розрахунках доцільно обмежувати K_c значенням 0,55–0,60, оскільки навіть за високої організованості повністю усунути небезпеку у роботах з ВВП неможливо.

У табл. 5 наведено перелік основних заходів контролю, які можуть бути застосовані до операції, а також орієнтовні значення їхнього впливу на зниження ризику.

Табл. 5. Орієнтовна ефективність заходів контролю ризику

№	Захід контролю	m_j	e_j
1	Уточнення вихідних даних	0,18	0,70
2	Роботизована/ дистанційна платформа	0,17	0,75
3	Додаткова розвідка та маркування	0,16	0,65
4	Медичне й евакуаційне забезпечення	0,11	0,40
4	Безпечний периметр та обмеження доступу	0,15	0,60
6	Інструктаж, зв'язок, контроль стомлення	0,13	0,55

Для базового сценарію, в якому $R_s=0,917$, за застосування заходів 1, 2, 3, 5 і 6 одержуємо $K_c=0,268$. Тоді залишковий ризик становить $R_r=0,917(1-0,268)=0,671$. Це все ще відповідає високому рівню ризику, однак уже переводить операцію з критичної зони до режиму, у якому виконання робіт можливе за умови посиленого контролю керівником робіт. Отже, модель придатна не лише для констатації небезпечності, а й для перевірки достатності запланованих заходів контролю.

Для штабного порівняння альтернатив доцільно розглядати кілька організаційних варіантів виконання одного й того самого завдання. У табл. 6 наведено умовний приклад такого порівняння, де оцінено ризик до та після впровадження комплексу заходів контролю, а також зміну трудомісткості робіт.

Табл. 6. Порівняння організаційних варіантів виконання робіт

Варіант	Опис варіанта	R_s	R_r	Трудомісткість, люд.-год
А	Переважно ручний пошук	0,917	0,671	18
Б	Комбінований: ручний пошук + дистанційне обстеження	0,842	0,548	22
В	Пріоритет дистанційних засобів	0,788	0,431	26

Як видно з табл. 6, найбільш безпечним є варіант В, який передбачає максимальне використання дистанційних засобів, але потребує більшої тривалості підготовки та більшої трудомісткості. Варіант Б може розглядатися як компроміс між ресурсними витратами та рівнем безпеки. Таким чином, керівник отримує інструмент для вибору не просто “допустимого” рішення, а оптимального рішення з урахуванням співвідношення ризику та організаційної ціни виконання робіт.

Порівняння значень ризику до і після впровадження заходів контролю за трьома організаційними варіантами візуалізовано на рис. 4. Графік наочно демонструє, що перехід від переважно ручної схеми до комбінованої й дистанційної схеми знижує залишковий ризик швидше, ніж зростає трудомісткість, а отже створює аргументовану основу для вибору безпечнішого способу дій у складній обстановці.

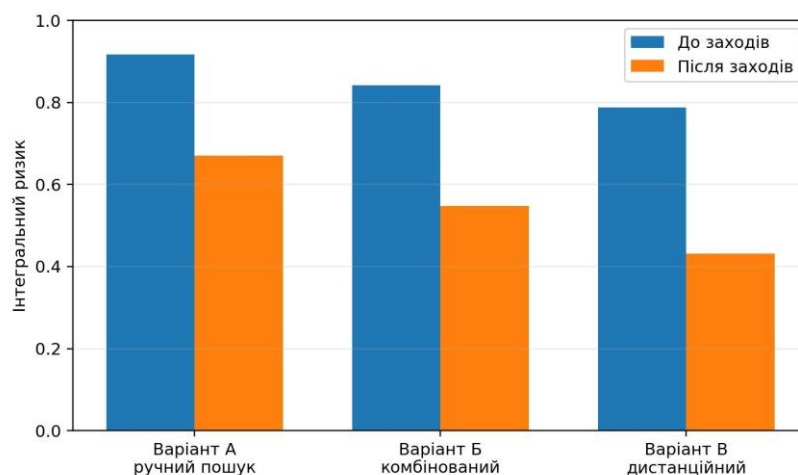


Рис. 4. Порівняння ризику до та після впровадження заходів контролю за різними організаційними варіантами

Організація цифрової картки ризику та використання моделі у підготовці персоналу здійснюється для забезпечення практичної придатності моделі доцільно
civil security. DOI: 10.52363/2524-0226-2026-43-11

впроваджувати цифрову картку ризику, яка заповнюється керівником робіт або оператором інформаційної системи перед початком операції та оновлюється після зміни обстановки. Така картка може бути реалізована у вигляді електронної форми, мобільного чек-листа або модуля в геоінформаційній системі. Її структура має забезпечувати просте введення вхідних даних, автоматичний розрахунок показників R , Q та R_r , а також фіксацію управлінського рішення у вигляді протоколу [8, 9, 10, 14, 15].

Орієнтовний склад полів цифрової картки ризику наведено в табл. 7. Наявність стандартизованої картки дозволяє накопичувати однотипні дані за підсумками робіт, а отже створює передумови для подальшого статистичного уточнення вагових коефіцієнтів та побудови більш чутливих прогностичних моделей.

Табл. 7. Рекомендована структура цифрової картки ризику

Блок даних	Зміст	Тип даних	Призначення
Ідентифікація заяв-ки	Координати, адреса, джерело повідомлення, час надходження	Текст / координати	Первинна локалізація випадку
Опис загрози	Ймовірний тип ВВП, наявність вторинних небезпек, стан об'єкта	Текст / шкала	Формування вихідної гіпотези
Фактори ризику	P, C, O, T, E, H, M за шкалою 1-5	Числові поля	Автоматичний розрахунок R
Сценарні параметри	k_s, U, V, A	Числові поля	Розрахунок індексу Q
Заходи контролю	Перелік обраних заходів та їх позначення	Чек-лист	Розрахунок R_r
Рішення керівника	Спосіб виконання робіт, склад групи, межі безпеки	Текст	Документування рішення

У системі професійної підготовки така картка може використовуватися як навчальний інструмент для відпрацювання алгоритму мислення керівника робіт. Курсант або фахівець отримує опис ситуації, оцінює фактори, виконує розрахунок, вибирає заходи контролю та аргументує рішення щодо способу дій. У результаті навчання переходить від пасивного засвоєння правил до активного моделювання управлінської ситуації, що є особливо важливим для підготовки персоналу до дій у нестандартних або комбінованих умовах.

Таким чином, запропоноване розширення моделі – через індекс пріоритетності, оцінку залишкового ризику, порівняння організаційних варіантів та цифрову картку ризику – суттєво підвищує прикладне значення дослідження. Воно перетворює математичний опис небезпеки на повноцінний інструмент підтримки прийняття рішень, придатний для планування, управління ресурсами, аналізу ефективності заходів контролю та професійної підготовки фахівців у сфері виявлення та знищення (знешкодження) вибухонебезпечних предметів.

Запропонований підхід доцільно впроваджувати не як окремий розрахунковий додаток, а як елемент стандартної управлінської процедури підрозділу. У практичній діяльності це означає, що оцінювання ризику має бути пов'язане з прийняттям рішення про склад групи, вибір технічних засобів, порядок допуску персоналу до ділянки, побудову зв'язку, медичне забезпечення та правила припинення робіт у разі зміни обстановки. Формалізація цих рішень створює єдиний стандарт управлінської поведінки для керівників різних рівнів і зменшує суб'єктивність у критичних ситуаціях [1, 2, 4, 5, 12, 14].

Організаційно впровадження моделі може здійснюватися поетапно: від ап-

робації в навчальних групах і штабних тренуваннях до включення показників ризику у робочі журнали, маршрутні листи, електронні картки заявок та післяопераційні звіти. Перевагою такого підходу є те, що одна й та сама методика використовується і для підготовки персоналу, і для реального управління роботами, що забезпечує спадкоємність між навчанням і практикою.

У табл. 8 подано орієнтовну послідовність впровадження моделі в діяльність підрозділу. Запропонована дорожня карта дає змогу визначити не лише зміст заходів, а й очікуваний результат на кожному етапі, що важливо для організації контролю та оцінювання ефективності впровадження.

Табл. 8. Етапи впровадження моделі управління ризиками у діяльність підрозділу

Етап	Основний зміст	Результат	Відповідальний рівень
1	Ознайомлення керівного складу з логікою моделі та шкалами оцінювання	Єдине розуміння критеріїв ризику	Керівник підрозділу
2	Апробація на навчальних кейсах і штабних тренуваннях	Перевірка придатності методики	Навчальна група / штаб
3	Включення форм оцінювання до підготовчих документів виїзду	Стандартизований передвиїзний аналіз	Керівник робіт
4	Запровадження цифрової картки ризику та журналу рішень	Накопичення структурованих даних	Оператор ПС / штаб
5	Післяопераційний аналіз та коригування вагових коефіцієнтів	Уточнення моделі за результатами практики	Керівництво та аналітик

Реалізація зазначених етапів дозволяє перетворити модель з аналітичної конструкції на стабільний інструмент управління. Крім безпосереднього зниження ризику під час робіт, це створює основу для накопичення відомчої бази кейсів, внутрішнього бенчмаркінгу підрозділів, уточнення навчальних сценаріїв та подальшої цифровізації процесів планування і контролю.

8. Удосконалення математичного апарату моделі з урахуванням типу вибухонебезпечного предмету

Для наближення запропонованої моделі до вимог фахового наукового видання доцільно перейти від лінійного опису ризику до комбінованої моделі, у якій базовий інтегральний показник коригується коефіцієнтами типу вибухонебезпечного предмета, достовірності вхідних даних, інформаційної невизначеності та потенційної каскадності наслідків. Такий підхід дає змогу враховувати не лише загальну складність операції, а й специфіку об'єкта робіт, що особливо важливо у випадках, коли первинна інформація про категорію боєприпасу є неповною або неоднозначною [1–6; 10, 11].

Удосконалений показник ризику пропонується визначати за формулою множинного коригування:

$$R^* = R \cdot k_s \cdot k_t \cdot k_d \cdot (1+u) \cdot k_c, \quad (9)$$

де R^* – узагальнений ризик операції; R – базове значення інтегрального ризику, визначене за формулою (1); k_s – коефіцієнт сценарію виконання робіт; k_t – коефіцієнт типу ВВП; k_d – коефіцієнт достовірності вхідних даних; u – коефіцієнт інформаційної невизначеності; k_c – коефіцієнт потенційної каскадності наслідків.

На відміну від попередньої моделі, формула (9) дає змогу враховувати нелі-

нійне зростання небезпеки в ситуаціях, коли складні умови збігаються з невизначеним типом предмета або високим ризиком вторинних уражальних ефектів.

Для забезпечення порівнюваності результатів коефіцієнт типу ВВП k_t пропонується задавати в інтервалі від 0,95 до 1,35. Нижні значення відповідають сценаріям з відносно типовими умовами виявлення та прийняття рішення, а вищі – категоріям об'єктів, що характеризуються більшою потенційною небезпекою для персоналу, підвищеними вимогами до дистанціювання, розширеною зоною організаційного контролю та істотними наслідками у випадку помилки.

Табл. 9. Орієнтовні коефіцієнти типу ВВП для розрахунку узагальненого ризику

Категорія об'єкта	Позначення	k_t	Обґрунтування коефіцієнта
Артилерійський боєприпас стандартного типу	ЕО-1	1,00	Типові умови оцінювання, відносно прогнозований сценарій робіт
Мінометна міна	ЕО-2	0,95	Дещо нижчий коефіцієнт за умови типової локалізації та достатньої ідентифікації
Реактивний боєприпас	ЕО-3	1,10	Вища складність оцінювання наслідків і контролю простору робіт
Касетний елемент	ЕО-4	1,20	Підвищена ймовірність супутніх загроз та потреба в розширеній організації ділянки
Авіаційний боєприпас	ЕО-5	1,30	Значний потенціал наслідків і підвищені вимоги до управління силами та засобами
Протипіхотна міна	ЕО-6	1,05	Підвищення ризику внаслідок особливостей організації маршруту і контролю ділянки
Протитранспортна міна	ЕО-7	1,15	Високий потенціал ураження техніки та критичність правильного вибору способу дій
Саморобний вибуховий пристрій	ЕО-8	1,35	Найвищий рівень невизначеності структури загрози та поведінки об'єкта

У табл. 9 наведено орієнтовні коефіцієнти типу ВВП, які можуть бути використані в аналітичному блоці прийняття рішення. Їх значення не замінюють експертної оцінки, а виконують роль стандартизованих поправок, що дозволяють підвищити однорідність підходів у різних підрозділах і забезпечити порівнянність статистичних спостережень у подальших дослідженнях.

Окремого врахування потребує достовірність вхідних даних. Для цього пропонується розраховувати коефіцієнт k_d за співвідношенням:

$$k_d = 1 + \lambda(1 - p_d), \quad (10)$$

де p_d – імовірність достовірності первинної інформації щодо місця, типу або контексту виявлення ВВП; λ – коефіцієнт чутливості моделі до дефіциту даних. За $\lambda=0,5$ і $p_d=0,80$ одержуємо $k_d=1,10$, що означає збільшення розрахункового ризику на 10 %. Таким чином, навіть за відносно сприятливих технічних і середовищних умов низька якість вихідних даних автоматично підвищує загальний індикатор ризику [4, 5, 8, 9].

Інформаційну невизначеність доцільно розглядати як окремий чинник, що відображає суперечливість джерел даних, нестачу підтверджувальних ознак, від-

сутність повної історії місця події або ризик зміни обстановки в часі. Для кількісного оцінювання пропонується така формула:

$$u = 1 - (q_1 q_2 q_3)^{\left(\frac{1}{3}\right)}, \quad (11)$$

де q_1 – коефіцієнт повноти даних; q_2 – коефіцієнт просторової визначеності; q_3 – коефіцієнт актуальності відомостей. Геометричне середнє в формулі (11) дозволяє посилити вплив слабкої ланки: якщо хоча б один із трьох показників є низьким, загальна невизначеність зростає швидше, ніж у разі простого середнього арифметичного. Саме така властивість робить формулу придатною для штабних оцінок у складній обстановці.

Для ситуацій, у яких можливі вторинні уражальні ефекти або непрямі наслідки для персоналу, населення чи інфраструктури, пропонується вводити коефіцієнт потенційної каскадності k_c :

$$k_c = 1 + \eta \cdot L, \quad (12)$$

де η – коефіцієнт масштабування, а L – індекс каскадності наслідків, що формується експертно на основі просторової щільності забудови, близькості критичної інфраструктури, наявності осіб у зоні ризику та складності евакуаційного маневру. Застосування коефіцієнта k_c дозволяє зробити модель чутливою до соціально-просторового контексту, а не лише до технічних характеристик самої операції.

На рис. 5 наведено орієнтовний розподіл коефіцієнтів типу ВВП. Його використання в поєднанні з формулами (9–12) дозволяє деталізувати розрахунок і забезпечити вищий рівень доказовості під час обґрунтування управлінського рішення.

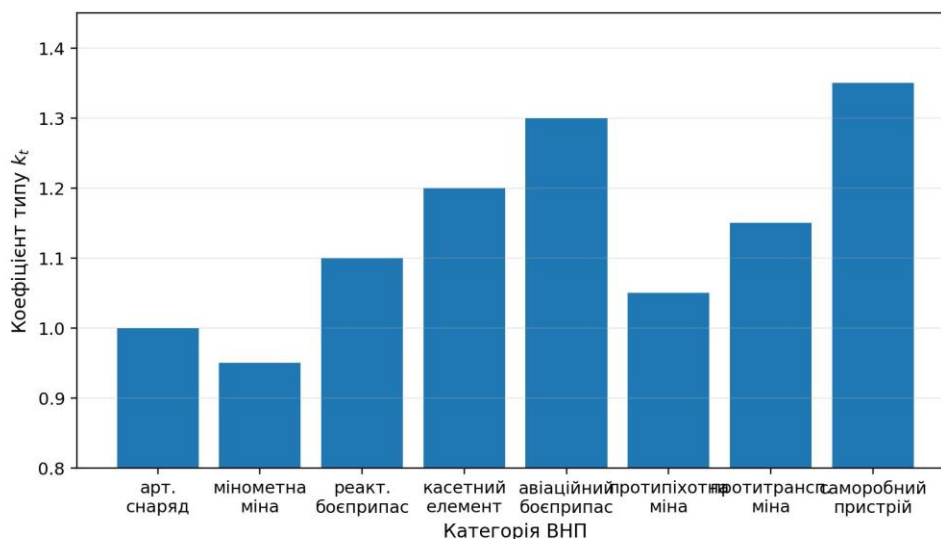


Рис. 5. Орієнтовні коефіцієнти типу ВВП у моделі узагальненого ризику

Дослідження впливу інформаційної невизначеності та типу ВВП на результати оцінювання для демонстрації прикладної цінності удосконаленого математичного апарату розглянемо умовний сценарій, у якому базове значення інтегрального ризику становить $R=0,72$, коефіцієнт сценарію $k_s=1,15$, а коефіцієнт каскадності $k_c=1,08$. У такому разі підсумкове значення ризику визначається не лише оперативною складністю, а й категорією об'єкта та ступенем визначеності даних.

Це дозволяє відмовитися від спрощеної логіки, коли подібні за зовнішніми ознаками заявки мають однаковий пріоритет реагування.

Табл. 10. Вплив типу ВВП та інформаційної невизначеності на узагальнений ризик

Сценарій	k_t	p_d	u	R^*	Інтерпретація
Артилерійський боєприпас, висока достовірність даних	1,00	0,95	0,08	0,89	високий
Протипіхотна міна, середня достовірність даних	1,05	0,85	0,16	0,99	критичний
Протитранспортна міна, середня достовірність даних	1,15	0,80	0,20	1,10	критичний
Касетний елемент, низька достовірність даних	1,20	0,70	0,29	1,24	критичний
Саморобний вибуховий пристрій, низька достовірність даних	1,35	0,65	0,34	1,42	критичний

Результати, наведені в табл. 10, підтверджують, що поєднання високого коефіцієнта типу ВВП з низькою достовірністю даних створює непропорційно високий узагальнений ризик. Із цього випливає практичний висновок: у разі дефіциту достовірної інформації навіть за відсутності прямих ознак ускладнення обстановки необхідно переходити до більш консервативного варіанта організації робіт, що відповідає принципу обережності у сфері ризик-менеджменту [1; 4–6].

На рис. 6 показано зміну скоригованого ризику залежно від коефіцієнта інформаційної невизначеності за різних рівнів достовірності вхідних даних. Криві демонструють, що за низької достовірності даних зростання невизначеності має квазіекспоненціальний ефект з точки зору управлінської інтерпретації: той самий приріст u швидше переводить модель у критичну зону.

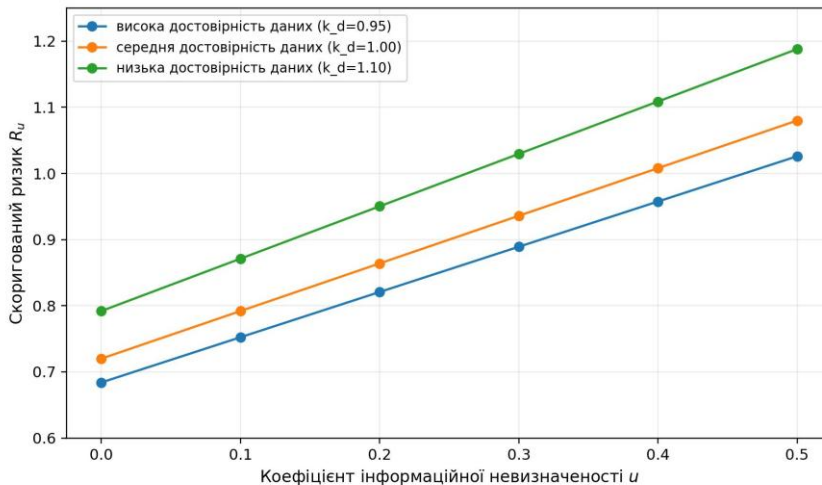


Рис. 6. Залежність скоригованого ризику від інформаційної невизначеності за різної достовірності даних

Для підвищення аналітичної строгості доцільно також застосовувати функцію ризик-реакції, що відображає граничний приріст ризику при зміні одного з параметрів. Вона визначається як частинна похідна узагальненого показника за відповідним коефіцієнтом:

$$\frac{\partial R^*}{\partial k_1} = R \cdots k_s \cdots k_d \cdots (1+u) \cdots k_c, \quad (13)$$

$$\partial R^*/\partial u = R \cdots k_s \cdots k_t \cdots k_d \cdots k_c. \quad (14)$$

Формули (13–14) дозволяють оцінити, який саме параметр у поточному сценарії є найбільш критичним для зміни підсумкового ризику. Якщо найбільше значення має похідна за k_t , доцільним є уточнення типу об'єкта або перехід до більш захищеного сценарію. Якщо ж домінує похідна за u , першочерговим заходом має стати збирання та верифікація додаткової інформації до початку активної фази робіт. Такий підхід робить модель не лише оцінювальною, а й управлінсько-орієнтованою.

У подальших дослідженнях зазначені коефіцієнти можуть бути калібровані на основі емпіричних масивів даних підрозділів, що дозволить перейти від експертно-нормативної до статистично верифікованої моделі [8–11; 12–15].

9. Обговорення результатів дослідження управління ризиками

Результати дослідження підтверджують досягнення поставленої мети та дозволяють оцінити ефективність запропонованого підходу відповідно до визначених завдань.

Обговорення результатів завдання № 1, пов'язаного із систематизацією факторів ризику та побудовою математичної моделі, встановлено, що використання зваженої інтегральної оцінки дозволяє формалізувати різноманітні за природою фактори в єдиний кількісний показник. Запропонована структура моделі забезпечує можливість одночасного врахування імовірності небезпечної події, тяжкості наслідків, складності обстановки, технічних та організаційних характеристик. Це усуває обмеження традиційних описових підходів, які не дозволяють здійснювати порівняльний аналіз альтернативних варіантів дій.

Разом з тим, застосування вагових коефіцієнтів, визначених експертним шляхом, створює потенційну залежність результатів від суб'єктивних оцінок, що обмежує універсальність моделі та потребує подальшої емпіричної верифікації.

Отримані результати показують, що запропонована модель є придатною для перетворення якісної експертної інформації на формалізований індикатор, який легко інтерпретується в управлінській діяльності. Її перевага полягає в поєднанні простоти використання, достатньої чутливості до зміни умов і можливості документувати логіку прийняття рішень.

Обговорення результатів завдання № 2, що передбачало встановлення шкали інтерпретації ризику та проведення розрахункових експериментів, доведено, що запропонована чотирьохрівнева шкала забезпечує однозначну трансформацію числового значення ризику в управлінське рішення. Проведений розрахунковий приклад показав, що навіть за помірних значень окремих факторів їх сукупний вплив може призводити до переходу системи в критичний стан.

Аналіз чутливості продемонстрував нерівномірність впливу факторів: найбільший внесок у зміну інтегрального ризику забезпечують імовірність події, тяжкість наслідків та складність обстановки. Це підтверджує доцільність їх пріоритетного врахування при плануванні заходів безпеки. Водночас лінійний характер моделі обмежує її здатність відображати складні нелінійні взаємозв'язки між факторами.

Обговорення результатів завдання № 3, пов'язаного з обґрунтуванням напрямів зниження ризику та практичного застосування моделі, встановлено, що використання показників скоригованого та залишкового ризику дозволяє перейти

від констатації небезпеки до оцінювання ефективності управлінських рішень. Запропонований підхід до розрахунку залишкового ризику дає змогу кількісно визначати результативність заходів контролю та обґрунтовувати вибір організаційних варіантів виконання робіт.

Введення індексу пріоритетності дозволило інтегрувати показники ризику з соціальними та оперативними характеристиками завдання, що суттєво підвищує прикладну цінність моделі для управління чергою робіт. Разом з тим, збільшення кількості параметрів ускладнює модель та підвищує вимоги до якості вхідних даних.

Обговорення результатів завдання № 4, спрямованого на удосконалення моделі з урахуванням типу вибухонебезпечного предмета та інформаційної невизначеності, доведено, що введення коригувальних коефіцієнтів дозволяє враховувати специфіку об'єкта та ступінь достовірності вихідної інформації. Результати моделювання показали, що поєднання високого рівня невизначеності та складного типу ВВП призводить до непропорційного зростання ризику, що не відображається у базовій лінійній моделі.

Запропонований підхід забезпечує більшу чутливість до умов невизначеності, однак одночасно ускладнює інтерпретацію результатів і потребує подальшого статистичного обґрунтування параметрів.

Загалом результати дослідження свідчать, що розроблена модель дозволяє перейти від якісного опису небезпеки до формалізованої підтримки прийняття рішень. Водночас її застосування пов'язане з обмеженнями, зумовленими експертним характером параметрів, спрощенням реальних процесів та відсутністю емпіричної калібровки, що визначає напрями подальших досліджень.

10. Висновки

1. Роботи з виявлення та знищення (знешкодження) вибухонебезпечних предметів характеризуються багатофакторною природою ризику, що формується під впливом технічних, організаційних, просторових і людських чинників у динамічній оперативній обстановці, що обумовлює необхідність застосування формалізованих підходів до його оцінювання та управління [1–7].

2. Розроблена інтегральна модель оцінювання ризику на основі зважування та нормування ключових факторів дозволяє кількісно описувати рівень небезпеки та забезпечує можливість порівняння альтернативних варіантів виконання робіт. Встановлено, що визначальний вплив мають імовірність небезпечної події, тяжкість наслідків, складність оперативної обстановки, технічна надійність та людський фактор.

3. Запровадження сценарного коефіцієнта, показників скоригованого та залишкового ризику, а також індексу пріоритетності виконання робіт дозволяє перейти від оцінювання небезпеки до підтримки прийняття управлінських рішень, зокрема щодо вибору способу дій, розподілу ресурсів і визначення черговості реагування.

4. Удосконалення моделі шляхом введення коефіцієнтів типу вибухонебезпечного предмета, достовірності вхідних даних та інформаційної невизначеності забезпечує врахування специфіки об'єкта та умов виконання робіт; встановлено, що поєднання високої невизначеності та складного типу ВВП призводить до непропорційного зростання ризику, що визначає необхідність використання розширеної моделі в практичній діяльності.

Література

1. International Mine Action Standards. IMAS 07.14 Risk management in mine action. URL: https://www.mineactionstandards.org/fileadmin/uploads/imas/Standards/English/IMAS_07.14_Ed.1.pdf
2. International Mine Action Standards. IMAS 10.10 Occupational health and safety – general requirements. URL: https://www.mineactionstandards.org/fileadmin/uploads/imas/Standards/English/IMAS_10.10_Ed.2.pdf
3. International Mine Action Standards. IMAS 10.20 Safety and occupational health – demining worksite safety. URL: https://www.mineactionstandards.org/fileadmin/uploads/imas/Standards/English/IMAS_10.20_Ed.1_Am.7.pdf
4. International Mine Action Standards. TNMA 10.20.02 Field Risk Assessment. URL: https://www.mineactionstandards.org/fileadmin/uploads/imas/Standards/English/TNMA_10.20.02_Ed.1_Am.1.pdf
5. International Mine Action Standards. Technical Note 07.14/01 Residual Risk Management. URL: https://www.mineactionstandards.org/fileadmin/uploads/imas/Standards/English/TNMA_07.14.01_Ed.1.pdf
6. International Organization for Standardization. ISO 31000:2018 Risk management – Guidelines. URL: <https://www.iso.org/standard/65694.html>
7. International Organization for Standardization. ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use. URL: <https://www.iso.org/standard/63787.html>
8. Geneva International Centre for Humanitarian Demining. A Guide to Mine Action. URL: <https://www.gichd.org/fileadmin/uploads/gichd/Media/GICHD-resources/rec-documents/Guide-to-mine-action-2014.pdf>
9. Geneva International Centre for Humanitarian Demining. A Guide to Developing National Mine Action Standards. URL: https://www.gichd.org/fileadmin/uploads/gichd/Publications/Guide_to_developing_NMAS_web.pdf
10. Saliba A., Tout K., Zaki C., Claramunt C. Bridging Human Expertise with Machine Learning and GIS for Mine Type Prediction and Classification. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 2024. Vol. 13. № 7. Art. 259. doi: 10.3390/ijgi13070259
11. Camacho-Sanchez C., Yie-Pinedo R., Galindo G. Humanitarian demining for the clearance of landmine-contaminated areas: A decision support model for search planning. *Socio-Economic Planning Sciences*. 2023. Vol. 88. Art. 101611. doi: 10.1016/j.seps.2023.101611
12. Про протимінну діяльність в Україні : Закон України від 06.12.2018. № 2642-VIII // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2642-19>
13. Про затвердження Стандартної оперативної процедури 09.10-12(1)/ДСНС «Порядок проведення органами та підрозділами цивільного захисту очищення (розмінування) територій, забруднених вибухонебезпечними предметами. Оперативне реагування» : наказ ДСНС України від 08.08.2018. № 461. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0461388-18>
14. Стандартна операційна процедура 08.20/ДСНС «Порядок проведення органами та підрозділами цивільного захисту технічного обстеження територій, імовірно забруднених вибухонебезпечними предметами». URL: <https://dsns.gov.ua/upload/2/6/8/9/6/2/AXK9E7nzibGJvXa3YI2DiqWnwmNfSKvZfnSKIN3o.pdf>
15. Про утворення Національного органу з питань протимінної діяльності:

постанова Кабінету Міністрів України від 10.11.2021 № 1207 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1207-2021-%D0%BF>

16. Cox L. A. What's Wrong with Risk Matrices? *Risk Analysis*. 2008. Vol. 28. № 2. P. 497–512. doi: 10.1111/j.1539-6924.2008.01030.x

17. Frey T. What Is Missing in Offshore Explosive Ordnance Disposal Risk Assessment? *Toxics*. 2024. <https://www.mdpi.com/2305-6304/12/7/468>

18. Frey T. UXO and Environmental Risk Factors Impacting EOD Operations. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*. 2024. doi: 10.1002/prop.202300206

19. Weinstein E. Management of Embedded Unexploded Ordnance in Low-Resource Settings. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*. 2025. doi: 10.1017/dmp.2025.XX

20. Novik G. Integrating Organisational Resilience and Risk Management in UXO Operations. *Safety Science*. 2026. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949926726000041>

21. Chołuj A., Szala M. A Review of Explosive Ordnance Disposal (EOD) Databases. *Central European Journal of Energetic Materials*. 2025. doi: 10.22211/cejem/211563

22. Handicap International. Explosive Ordnance Contamination Impact Report. 2021. URL: https://www.hi.org/sn_uploads/document/Report2021_EO-Contamination-Iraq-EN-final.pdf

A. Hubenko¹, Head of Department

D. Zolochevskiy¹, Lecturer of the Department

A. Diadchenko², Research Scientist

R. Korniienko¹, PhD, Senior Researcher, Leading Researcher of the Department

¹*National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine*

²*Military Institute of Armored Forces of National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv, Ukraine*

RISK MANAGEMENT DURING THE DETECTION AND DISPOSAL OF EXPLOSIVE ORDNANCE

Substantiates a scientific and applied approach to risk management in the course of explosive ordnance detection and destruction (disposal) operations within Mine Action. It is shown that the safety of such operations is determined not only by compliance with established procedures, but also by the quality of explosive ordnance identification, the completeness of baseline information, the complexity of the operational environment, the technical reliability of detection and destruction (disposal) equipment, environmental conditions, the human factor, and the level of managerial coordination. An integrated risk assessment model is proposed, based on weighting the key influencing factors, normalizing their values, and introducing a scenario coefficient that takes into account the specific characteristics of the task location. A scale for interpreting risk levels, a calculation example, and the results of the model sensitivity analysis are presented. It is established that the greatest influence on the final risk level is exerted by the probability of a hazardous event, the severity of possible consequences, the complexity of the operational environment, technical reliability, and the human factor. It is demonstrated that the application of a formalized risk management model makes it possible to improve the validity of managerial decisions, enhance work planning, reduce the likelihood of personnel errors, and strengthen task execution safety. The practical significance of the obtained results lies in the possibility of using the proposed approach in the training of mine action specialists, the organization of operations, and the development of departmental risk assessment procedures. The proposed approach may be adapted to various operational scenarios, including open terrain, built-up areas, locations near critical infrastructure facilities, and conditions of restricted access, which ensures its versatility for SES of Ukraine EOD units. This expands the possibilities for its application in both training and operational activities.

Keywords: risk management, detection, identification of explosive objects, explosive objects, disposal

References

1. International Mine Action Standards. (2019). IMAS 07.14: Risk management in mine action. Available at: https://www.mineactionstandards.org/fileadmin/uploads/imas/Standards/English/IMAS_07.14_Ed.1.pdf
2. International Mine Action Standards. (2025). IMAS 10.10: Occupational health and safety – general requirements. Available at: https://www.mineactionstandards.org/fileadmin/uploads/imas/Standards/English/IMAS_10.10_Ed.2.pdf
3. International Mine Action Standards. (2013). IMAS 10.20: Safety and occupational health – demining worksite safety. Available at: https://www.mineactionstandards.org/fileadmin/uploads/imas/Standards/English/IMAS_10.20_Ed.1_Am.7.pdf
4. International Mine Action Standards. (2021). TNMA 10.20.02: Field risk assessment. Available at: https://www.mineactionstandards.org/fileadmin/uploads/imas/Standards/English/TNMA_10.20.02_Ed.1_Am.1.pdf
5. International Mine Action Standards. (2020). Technical Note 07.14/01: Residual risk management. Available at: https://www.mineactionstandards.org/fileadmin/uploads/imas/Standards/English/TNMA_07.14.01_Ed.1.pdf
6. International Organization for Standardization. (2018). ISO 31000:2018 Risk management – Guidelines. Available at: <https://www.iso.org/standard/65694.html>
7. International Organization for Standardization. (2018). ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use. Available at: <https://www.iso.org/standard/63787.html>
8. Geneva International Centre for Humanitarian Demining. (2014). A guide to mine action. Available at: <https://www.gichd.org/fileadmin/uploads/gichd/Media/GICHD-resources/rec-documents/Guide-to-mine-action-2014.pdf>
9. Geneva International Centre for Humanitarian Demining. (2016). A guide to developing national mine action standards. Available at: https://www.gichd.org/fileadmin/uploads/gichd/Publications/Guide_to_developing_NMAS_web.pdf
10. Saliba, A., Tout, K., Zaki, C., Claramunt, C. (2024). Bridging human expertise with machine learning and GIS for mine type prediction and classification. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 13(7), 259. doi: 10.3390/ijgi13070259
11. Camacho-Sanchez, C., Yie-Pinedo, R., Galindo, G. (2023). Humanitarian demining for the clearance of landmine-contaminated areas: A decision support model for search planning. *Socio-Economic Planning Sciences*, 88, 101611. doi: 10.1016/j.seps.2023.101611
12. Pro protyminnu diialnist v Ukraini : Zakon Ukrainy vid 06.12.2018 № 2642-VIII // Baza danykh «Zakonodavstvo Ukrainy» / Verkhovna Rada Ukrainy. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2642-19>
13. Pro zatverdzhennia Standartnoi operativnoi protsedury 09.10-12(1)/DSNS «Poriadok provedennia orhanamy ta pidrozdilamy tsyvilnoho zakhystu ochyshchennia (rozminuvannia) terytorii, zabrudnennykh vybukhonebezpechnymy predmetamy. Operativne reahuvannia» : nakaz DSNS Ukrainy vid 08.08.2018 № 461. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0461388-18>
14. Standartna operatsiina protsedura 08.20/DSNS «Poriadok provedennia

orhanamy ta pidrozdilamy tsyvilnoho zakhystu tekhnichnoho obstezhennia terytorii, imovirno zabrudnenykh vybukhonebezpechnymy predmetamy». Available at: <https://dsns.gov.ua/upload/2/6/8/9/6/2/AXK9E7nzibGJvXa3YI2DiqWnwmNfSKvZfnSKIN3o.pdf>

15. Pro utvorennia Natsionalnoho orhanu z pytan protyminnoi diialnosti : postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 10.11.2021 № 1207. Baza danykh «Zakonodavstvo Ukrainy». Verkhovna Rada Ukrainy. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1207-2021-%D0%BF>

16. Cox, L. A. (2008). What's Wrong with Risk Matrices? *Risk Analysis*, 28, 2, 497–512. doi: 10.1111/j.1539-6924.2008.01030.x

17. Frey, T. (2024). What Is Missing in Offshore Explosive Ordnance Disposal Risk Assessment? *Toxics*. Available at: <https://www.mdpi.com/2305-6304/12/7/468>

18. Frey, T. (2025). UXO and Environmental Risk Factors Impacting EOD Operations. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*. 2024. doi: 10.1002/prop.202300206

19. Weinstein, E. (2025). Management of Embedded Unexploded Ordnance in Low-Resource Settings. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*. doi: 10.1017/dmp.2025.XX

20. Novik G. (2026). Integrating Organisational Resilience and Risk Management in UXO Operations. *Safety Science*. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949926726000041>

21. Chołuj, A., Szala, M. (2025). A Review of Explosive Ordnance Disposal (EOD) Databases. *Central European Journal of Energetic Materials*. doi: 10.22211/cejem/211563

22. Handicap International. (2021). Explosive Ordnance Contamination Impact Report. Available at: https://www.hi.org/sn_uploads/document/Report2021_EO-Contamination-Iraq-EN-final.pdf

Надійшла до редколегії: 10.03.2026

Прийнята до друку: 13.04.2026

Дата публікації (оприлюднення): 31.05.2026