

Методика експертного оцінювання ефективності використання комплексу бронета радіаційного захисту демінера

The Methodology of Expert Assessment of the Effectiveness of the Use of a Deminer's Armor and Radiation Protection Complex

Віктор Стрілець^A

Corresponding author: доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник, e-mail: vstrelec1956@ukr.net, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5992-1195>

Сергій Степанчук^B

старший викладач кафедри протимінної діяльності та спеціальної підготовки, e-mail: stepanchukdsns@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6618-4119>

Валерій Стрілець^C

кандидат технічних наук, Field Officer (Sub Unit Commander), e-mail: v.strelec.brand@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1913-7878>

Андрій Хижняк^D

PhD, начальник управління, e-mail: khm@dsns.gov.ua, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-1745-0432>

Viktor Strelets^A

Corresponding author: Dr of Sciences, Professor, Leading Researcher, e-mail: vstrelec1956@ukr.net, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5992-1195>

Serhii Stepanchuk^B

Senior teacher of the Department of Department of Mine Action and Special Training, e-mail: stepanchukdsns@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6618-4119>

Valery Strelec^C

PhD, Field Officer (Sub Unit Commander), e-mail: v.strelec.brand@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1913-7878>

Andrii Khyzhniak^D

PhD, Head of Department, e-mail: khm@dsns.gov.ua, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0005-1745-0432>

^A Національний університет "Київський авіаційний інститут", м. Київ, Україна

^B Національний університет цивільного захисту України, м. Харків, Україна

^C Гуманітарна міжнародна організація The Halo Trust, м. Київ, Україна

^D ГУ ДСНС України в Хмельницькій області, м. Хмельницький, Україна

^A State University "Kyiv Aviation Institute", Kyiv, Ukraine

^B National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

^C International humanitarian organization The Halo Trust, Kyiv, Ukraine

^D Main Directorate of the State Emergency Service of Ukraine in Khmelnytskyi Region, Khmelnytskyi, Ukraine

Received: March 19, 2026 | Revised: April 10, 2026 | Accepted: April 30, 2026

УДК: 351.861:623.365:614.8.086.5

DOI: <https://doi.org/10.33445/sds.2026.16.2.13>

Мета роботи. Розробка методики експертного оцінювання ефективності використання комплексу бронета радіаційного захисту демінера, який займається гуманітарним розмінуванням в умовах радіаційного забруднення.

Метод дослідження. Метод узгоджених експертних оцінок.

Результати дослідження. Вперше розроблено методику експертного оцінювання ефективності використання комплексу бронета радіаційного захисту демінера.

Теоретична цінність дослідження. Обґрунтована можливість попереднього порівняльного оцінювання ефективності використання різноманітних комплексів бронета радіаційного захисту під час гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення.

Практична цінність дослідження. Розроблена методика має стати науковим підґрунтям попередньої порівняльної оцінки комплексів бронета радіаційного захисту.

Оригінальність/Цінність дослідження: Можливість попередньої порівняльної оцінки різноманітних комплексів індивідуального захисту демінера, які використовуються під час гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення, шляхом використання узгоджених експертних оцінок.

Майбутні дослідження: Необхідність отримання узгоджених експертних оцінок від фахівців у галузі гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення.

Тип статті. Аналітично-розрахунковий.

Purpose. Development of a methodology for expert assessment of the effectiveness of using the complex of armor and radiation protection of a deminer engaged in humanitarian demining in conditions of radiation contamination.

Method. Method of agreed expert assessments.

Findings. A novel methodology for expert evaluation of the effectiveness of the use of an integrated armor and radiation protection system for deminers has been developed.

Theoretical Implications. A well-founded possibility of obtaining patterns of rescuers' activity not only directly during emergency rescue operations, but also during their training and training, in that case at specialized training (educational and training) complexes or with the help of simulation systems that are fully implemented on a computer.

Practical Implications. The possibility of preliminary comparative assessment of the effectiveness of using various complexes of armored and radiation protection during humanitarian demining in conditions of radiation contamination has been substantiated.

Originality/Value of the research: The possibility of preliminary comparative assessment of various complexes of individual protection for a deminer used during humanitarian demining in conditions of radiation contamination, through the use of agreed expert assessments.

Future Research. The need to obtain agreed expert assessments from specialists in the field of humanitarian demining in conditions of radiation contamination.

Paper type: analytical and computational.

Ключові слова: комплекс бронета радіаційного захисту, демінер, гуманітарне розмінування, експертна оцінка.

Key words: Complex of Armored and Radiation Protection, Deminer, Humanitarian Demining, Expert Assessment.

Вступ

В умовах збройної агресії росії проти України значні території зазнали одночасного впливу вибухонебезпечних предметів та радіаційного забруднення, що суттєво ускладнює виконання завдань гуманітарного розмінування. Особливої актуальності ця проблема набуває у районах розташування об'єктів ядерної енергетики [2], зони відчуження Чорнобильської атомної електростанції [1], а також територіях, які піддавалися масованим обстрілам та потенційно можуть містити радіаційно небезпечні джерела [3].

З одного боку, виконання робіт з розмінування у таких умовах супроводжується впливом комбінованих небезпечних чинників — вибухових та радіаційних, що зумовлює необхідність застосування демінерами комплексів засобів броне- та радіаційного захисту. З іншого — мають місце обмежені можливості проведення повномасштабних натурних експериментів у реальному радіаційно-небезпечному середовищі.

Тобто, важливою проблемою є оцінка ефективності одночасного застосування демінерами існуючих засобів броне- та радіаційного захисту.

Теоретичні основи дослідження

Питання, пов'язані з підвищенням ефективності розмінування активно досліджуються як у міжнародному [4], так і у вітчизняному науковому середовищі [5]. Особлива увага приділяється компетентнісним вимогам до фахівців з EOD (операції щодо знешкодження вибухонебезпечних боєприпасів) та IEDD (операції щодо знешкодження саморобних вибухових пристроїв), що формалізовано у відповідних протоколах оцінювання [6, 7]. Проте, в цих роботах складності роботи демінерів в умовах розмінування радіаційно-забрудненої місцевості відсутні навіть у постановочному вигляді.

Питання мінімізації ризиків для персоналу під час ліквідації наслідків застосування вибухонебезпечних предметів, впливу вибухових чинників на довкілля та необхідності врахування екологічних аспектів під час планування протимінних заходів розглянуті в [8, 9]. Але і тут відсутній аналіз можливого одночасного впливу на результати діяльності демінера як вибухонебезпечних, так і радіаційних небезпечних чинників.

В той же час, у дослідженнях, присвячених реагуванню на хімічні, біологічні, радіологічні та ядерні інциденти, обґрунтовується необхідність застосування засобів індивідуального захисту з урахуванням ергономічних обмежень та впливу додаткового навантаження на функціональний стан персоналу [10, 11]. Але, як це можна зробити, не конкретизується.

За таких умов доцільним є застосування аналітичних методів дослідження особливостей використання комплексів індивідуального захисту демінерів, які включають як стандартні засоби бронезахисту [12], так і засоби радіаційного захисту [13]. В той же час, існуючі методики оцінки рухомості та працездатності засобів індивідуального захисту органів дихання [14], які можна було б взяти за основу, не враховують необхідність узгодження думок залучених експертів [15]. При цьому для перевірки достовірності отриманих узагальнених експертних оцінок можна використовувати підхід або навіть конкретні практичні результати, які наведені в [16, 17].

Постановка проблеми

Таким чином, важливою та нерозв'язаною частиною проблеми отримання попередніх оцінок ефективності одночасного застосування демінерами існуючих засобів броне- та радіаційного захисту є відсутність методики експертного оцінювання впливу сукупності характеристик комплексу броне- та радіаційного захисту на діяльність демінерів під час розмінування в умовах радіаційного забруднення.

Методологія дослідження

Метою статті є розробка методики експертного оцінювання ефективності використання комплексу броне- та радіаційного захисту демінера.

Для її досягнення потребують вирішення наступні завдання:

вибір вихідних даних та визначення обмежень;

представлення функціональної залежності виконання визначеного варіанту дій під час гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення від обраного комплексу засобів броне- та радіаційного захисту демінера у вигляді узагальненої експертної оцінки;

експертна оцінка комплексу засобів броне- та радіаційного захисту демінера;

аналіз отриманих результатів.

Результати

1. Вибір вихідних даних та визначення обмежень

Аналізу трудових функцій демінера [18] показав, що серед інших (нетехнічного і технічного обстеження території, її маркування, ідентифікації вибухонебезпечних територій тощо) найбільш складною та небезпечною є функція очищення району розмінування, де виділяються дії самостійного і достатньо автономного користування різноманітним обладнанням для виявлення вибухонебезпечних предметів, а також здатність безпечного поводження з ними і, у разі необхідності, знищення.

З урахуванням цього у якості контрольної вправи було обрано “зісмикування вибухонебезпечного предмету”. Її вибір пояснюється тим, що практика розмінування забрудненої вибухонебезпечними предметами місцевості після її звільнення від російських окупантів показала, що, навіть, на мирних територіях вони використовують підступну практику подвійного мінування, коли основна міна додатково мінується міною-ловушкою [19].

Дослідження проводились на навчально-тренувальній базі підготовки піротехніків в НУЦЗУ (як на базі в Харкові, так і на базі в Черкасах).

Розглядалися п'ять різних варіантів, які наведені на рисунках 1-5, використання комплексу засобів індивідуального захисту демінером.



Рисунок 1: Варіант 1
КБтаРЗ (Бронежилет +
Бронешолом + Захисний
костюм Л 1 + ЗМ 6200
ffp3)



Рисунок 2: Варіант 2 КБтаРЗ
(Бронежилет +
Бронешолом + Захисний
костюм Л 1+фільтрувальний
протигаз ГП-7)



Рисунок 3: Варіант 3 КБтаРЗ
(Бронежилет +
Бронешолом + Захисний
костюм Л1+апарат на
стисненому повітрі)



Рисунок 4: Варіант 4 КБтаРЗ (Бронежилет + Бронешолом + Захисний костюм Prochem II F + ГП-7)



Рисунок 5: Варіант 5 КБтаРЗ (Бронежилет + Бронешолом + Захисний костюм Tyvek Classik Xpert DuPont + ГП-7)

Таким чином, для експертної оцінки якості виконання операції, що відображає реальну оперативну діяльність демінерів під час гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення навколишнього середовища, вибрані типові комбінації із існуючих в підрозділах засобів індивідуального броне- та радіаційного захисту.

2. Узагальнена експертна оцінка ефективності використання обраного комплексу броне- та радіаційного захисту

Для визначення якості виконання гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення, особливо в тих випадках, коли нема можливості здійснити безпосередній контроль підконтрольної експлуатації засобів броне- та радіаційного захисту, можна застосувати експертне оцінювання за результатами відповідного анкетування.

Показник ваги впливу кожної із характеристик, яка є важливою під час розмінування в обраному комплексі засобів броне- та радіаційного захисту, для кожного варіанту дій демінера можна визначити як

$$\alpha_{x_i} = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ij}}, \quad (1)$$

- де x_{ij} – оцінка ваги i -ї характеристики обраного комплексу засобів броне- та радіаційного захисту, яку надав j -ий експерт під час оцінювання визначеного варіанту;
 n – кількість показників якості;
 m – кількість експертів в групі.

Тоді, з урахуванням середніх значень показника i -ї характеристики обраного комплексу засобів броне- та радіаційного захисту

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{m}, \quad (2)$$

узагальнена оцінка впливу розглянутих характеристик обраного комплексу засобів броне- та радіаційного захисту на діяльність демінера може бути розрахована як

$$S = \sum_{i=1}^n (\alpha_{x_i} \cdot \bar{x}_i) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ij}} \cdot \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij}}{m} \right). \quad (3)$$

Враховуючи те, що точка зору експертів повинна бути узгодженою, одночасно треба перевірити це, використовуючи коефіцієнт конкордації (загальний коефіцієнт рангової кореляції для групи експертів) [20].

Оскільки в нашому випадку допускається визначення однакових рангових (так званих зв'язаних) оцінок, отримане ранжування необхідно привести до нормального виду, при якому сума рангів в ранжировці i -го експерта відповідає умові

$$\sum_{j=1}^n x'_j = 0.5 \cdot n \cdot (n+1). \quad (4)$$

Для цього обраними показниками оцінки якості комплексу засобів індивідуального захисту з однаковим рангом присвоюємо ранг, який дорівнює середньому значенню місць, які поділяють між собою обрані показники. Тобто, оцінка зв'язаних рангів визначається як

$$x'_{ij} = l + \frac{t+1}{2}, \quad (5)$$

де l – кількість об'єктів, більш важливих ніж об'єкти в групі, яка розглядається;
 t – кількість об'єктів в групі, яка розглядається (довжина зв'язку).

Це дозволяє перейти до перевірки узгодженості думок експертів за допомогою коефіцієнта конкордації

$$W = \frac{12 \cdot \sum_{i=1}^n d_j^2}{m^2 (n^3 - n) m \cdot \sum_{i=1}^m T_i}, \quad (6)$$

де

$$d_j = S_j - \frac{\sum_{j=1}^n S_j}{n}; \quad (7)$$

$$S_j = \sum_{i=1}^m x'_{ij}; \quad (8)$$

T_i – показник зв'язаних рангів

$$T_i = \sum_{q_i=1}^{Q_i} (t_{q_i}^3 - t_{q_i}), \quad (9)$$

де Q_i – кількість груп однакових рангів;
 t_{q_i} – кількість рангів в кожній групі.

Наявність конкретного значення коефіцієнта конкордації (6) дозволяє оцінити його статистичну значимість у відповідності до критерію χ^2 . Для цього розрахункове значення критерію Пірсона

$$\chi^2 = m \cdot W \cdot (n-1) \quad (10)$$

порівнюється із критичним, яке визначається у відповідності до таблиці критичних крапок розподілу χ^2 при заданому рівні значимості $\alpha=0,05$ й числі ступенів свободи $k=n-1$.

Якщо обчислене значення χ^2 більше табличного

$$\chi^2 \geq \chi_{кр}^2(\alpha=0,05; k), \quad (11)$$

то визначений коефіцієнт конкордації W (6) є величиною не випадковою і характеризує наявність високого рівня погодженості експертів.

Таким чином, наявність експертних результатів щодо дій демінерів під час виконання типових варіантів здійснення протимінної діяльності в умовах радіаційного забруднення дозволяє визначити із визначеним рівнем значимості α закономірність (закономірності), згідно з якою обрані фактори (вихідні параметри) впливають на результати гуманітарного розмінування.

3. Експертна оцінка комплексу броне- та радіаційного захисту демінера

До експертної оцінки комплексу засобів броне- та радіаційного захисту були залучені практичні фахівці з питань гуманітарного розмінування (викладачі кафедри піротехнічної та спеціальної підготовки НУЦЗУ, Міжрегіонального центру гуманітарного розмінування та швидкого реагування ДСНС України, The HALO Trust Ukraine).

По аналогії з [14] функціональний стан під час роботи в комплексі засобів броне- та радіаційного захисту можна оцінити за результатами оцінок, які надають залучені експерти, за показниками психофізіологічного комфорту за п'ятибальною шкалою: "5" – високий рівень комфорту (самопочуття дуже добре), "4" – самопочуття добре; "3" – незначний дискомфорт; "2" – виражений дискомфорт; "1" – різкий дискомфорт (самопочуття дуже погане).

Відповідні експертні оцінки обзорності: "5" – не обмежена; "4" – практично в повному обсязі, але з незначними обертами голови; "3" – в повному обсязі в результаті значних обертань голови; "2" – в обмеженому обсязі за наявності значних обертань голови; "1" – не забезпечує виконання функціональних обов'язків.

Експертне опитування проводилось з дотриманням принципів етики та деонтології на основі інформованої згоди на участь у обстеженні. Результати, які були надані експертами стосовно визначених комплексів броне- та радіаційного захисту, наведені в табл.1.

Таблиця 1: Оцінка впливу показників якості на результати діяльності демінерів в різноманітних комплексах броне- та радіаційного захисту (самостійне одягання)

Показник	КБтаРЗ 1						КБтаРЗ 2						КБтаРЗ 3					
	Експерт						Експерт						Експерт					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Зручність одягання	2	2	3	2	3	2	2	2	3	2	3	2	1	1	2	1	2	1
Обзорність	4	4	5	3	4	4	5	5	5	3	4	4	2	1	3	2	2	2
Вплив на рухомість	2	2	3	2	3	2	2	2	3	3	3	2	1	1	1	1	2	1
Функціональний стан	3	3	4	2	4	3	3	3	4	3	4	3	2	2	2	1	1	1
Працездатність	3	3	3	2	4	3	4	4	4	3	4	3	1	1	2	1	1	1

Продовження Таблиці 1

Показник	КБтаРЗ 4						КБтаРЗ 5					
	Експерт						Експерт					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Зручність одягання	3	3	3	2	4	3	3	3	3	2	2	3
Обзорність	4	4	5	3	4	4	4	4	5	3	4	4
Вплив на рухомість	4	4	4	2	3	4	4	4	4	2	3	4
Функціональний стан	5	5	5	2	4	3	5	3	4	2	3	3
Працездатність	5	5	5	2	4	4	4	4	5	2	3	4

Джерело: розраховано автором

Враховуючи те, що всі експерти вказали на доцільність одягання засобів радіаційного захисту за допомогою іншої людини, в табл.2 наведені результати оцінки впливу обраних

показників якості на результати діяльності демінерів у разі одягання комплексу засобів бронета радіаційного захисту в такому випадку.

Таблиця 2: Оцінка впливу показників якості на результати діяльності демінерів в різноманітних комплексах бронета радіаційного захисту (одягання за допомогою іншої людини)

Показник	КБтаРЗ 1						КБтаРЗ 2						КБтаРЗ 3					
	Експерт						Експерт						Експерт					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Зручність одягання	3	3	4	4	3	4	3	3	4	4	3	4	2	2	3	1	1	1
Обзорність	4	4	5	3	4	4	5	5	5	3	4	4	2	1	3	2	2	2
Вплив на рухомість	2	2	3	2	3	2	2	2	3	3	3	2	1	1	1	1	2	1
Функціональний стан	3	3	4	2	4	3	3	3	4	3	4	3	2	2	2	1	1	1
Працездатність	3	3	3	2	4	3	4	4	4	3	4	3	1	1	2	1	1	1

Продовження Таблиці 2

Показник	КБтаРЗ 4						КБтаРЗ 5					
	Експерт						Експерт					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
Зручність одягання	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4
Обзорність	4	4	5	3	4	4	4	4	5	3	4	4
Вплив на рухомість	4	4	4	2	3	4	4	4	4	2	3	4
Функціональний стан	5	5	5	2	4	3	5	3	4	2	3	3
Працездатність	5	5	5	2	4	4	4	4	5	2	3	4

Джерело: розраховано автором

Аналіз результатів, наведених в табл. 1 та табл. 2 показує, що має визначення однакових рангових оцінок. В зв'язку з цим отримане ранжування для кожного розглянутого комплексу у відповідності до (4) приведене до нормального. А потім у відповідності до (5)÷(11) визначені статистичні оцінки у відповідності до критерію Пірсона χ^2 . Результати статистичної оцінки визначених коефіцієнтів конкордації при заданому рівні значимості $\alpha=0,05$ й числі ступенів свободи $k = n-1 = 4$ наведені в табл.3 (для випадку самостійного одягання комплексу бронета радіаційного захисту) та табл.4 (у випадку одягання захисного комплексу з допомогою).

Таблиця 3: Оцінка узгодженості експертів під час оцінювання показників якості комплексів бронета радіаційного захисту к випадку їх самостійного одягання

	Комплекс				
	1	2	3	4	5
Коефіцієнт конкордації W	0,85	0,87	0,52	0,56	0,56
Критерій Пірсона χ^2	20,5	20,9	12,5	13,4	13,4
Табличне значення критерію Пірсона $\chi_{кр}^2 (\alpha = 0,05; 4)$	11,1				

Джерело: розраховано автором

Аналіз результатів, які наведені в табл.3 та табл.4 показує, що визначені коефіцієнти конкордації є величинами не випадковими і з рівнем значимості $\alpha = 0,05$ відповідності до

критерію Пірсона χ^2 характеризують наявність високого рівня погодженості експертів.

Таблиця 4: Оцінка узгодженості експертів під час оцінювання показників якості комплексів броне- та радіаційного захисту к випадку їх одягання з допомогою

	Комплекс				
	1	2	3	4	5
Коефіцієнт конкордації W	0,89	0,84	0,68	0,51	0,56
Критерій Пірсона χ^2	21,4	20,2	16,4	12,0	13,4
Табличне значення критерію Пірсона $\chi_{кр}^2 (\alpha = 0,05; 4)$	11,1				

Джерело: розраховано автором

Це дозволяє перейти до оцінювання ваги окремих характеристик для кожного КБтаРЗ, а також їх впливу на загальну оцінку захисного комплексу та узагальненої оцінки впливу цих характеристик на діяльність демінера. В узагальненому вигляді отримані результати наведені в табл. 5 та табл. 6, а також на рисунках 6÷9.

Таблиця 5: Результати експертного оцінювання ваги окремих характеристик комплексу броне- та радіаційного захисту, їх впливу на загальну оцінку захисного комплексу та узагальненої оцінки впливу цих характеристик на діяльність демінера (у випадку одягання захисного комплексу самостійно)

		КБтаРЗ														
		1			2			3			4			5		
		α_i	$\alpha_i \bar{x}_i$	S	α_i	$\alpha_i \bar{x}_i$	S	α_i	$\alpha_i \bar{x}_i$	S	α_i	$\alpha_i \bar{x}_i$	S	α_i	$\alpha_i \bar{x}_i$	S
Характеристика, і	1	0,16	0,37	3,10	0,14	0,34	3,40	0,19	0,25	1,50	0,15	0,41	3,09	0,16	0,41	3,49
	2	0,27	1,08		0,27	1,16		0,28	0,56		0,21	0,89		0,23	0,93	
	3	0,16	0,37		0,15	0,39		0,16	0,19		0,19	0,69		0,20	0,71	
	4	0,21	0,68		0,21	0,69		0,21	0,31		0,22	0,96		0,19	0,65	
	5	0,20	0,61		0,23	0,83		0,16	0,19		0,23	1,04		0,21	0,78	

Джерело: розраховано автором

Таблиця 6: Результати експертного оцінювання ваги окремих характеристик комплексу броне- та радіаційного захисту, їх впливу на загальну оцінку захисного комплексу та узагальненої оцінки впливу цих характеристик на діяльність демінера (у випадку одягання захисного комплексу з допомогою)

		Комплекс														
		1			2			3			4			5		
		α_i	$\alpha_i \bar{x}_i$	S	α_i	$\alpha_i \bar{x}_i$	S	α_i	$\alpha_i \bar{x}_i$	S	α_i	$\alpha_i \bar{x}_i$	S	α_i	$\alpha_i \bar{x}_i$	S
Характеристика, і	1	0,25	1,01	3,26	0,20	0,71	3,57	0,29	0,67	1,77	0,20	0,75	3,01	0,20	0,74	3,65
	2	0,15	0,34		0,25	1,08		0,24	0,49		0,21	0,82		0,22	0,88	
	3	0,20	0,63		0,14	0,36		0,14	0,17		0,18	0,63		0,19	0,67	
	4	0,19	0,57		0,19	0,64		0,18	0,28		0,21	0,82		0,18	0,61	
	5	0,25	1,01		0,21	0,78		0,14	0,17		0,21	0,89		0,20	0,74	

Джерело: розраховано автором

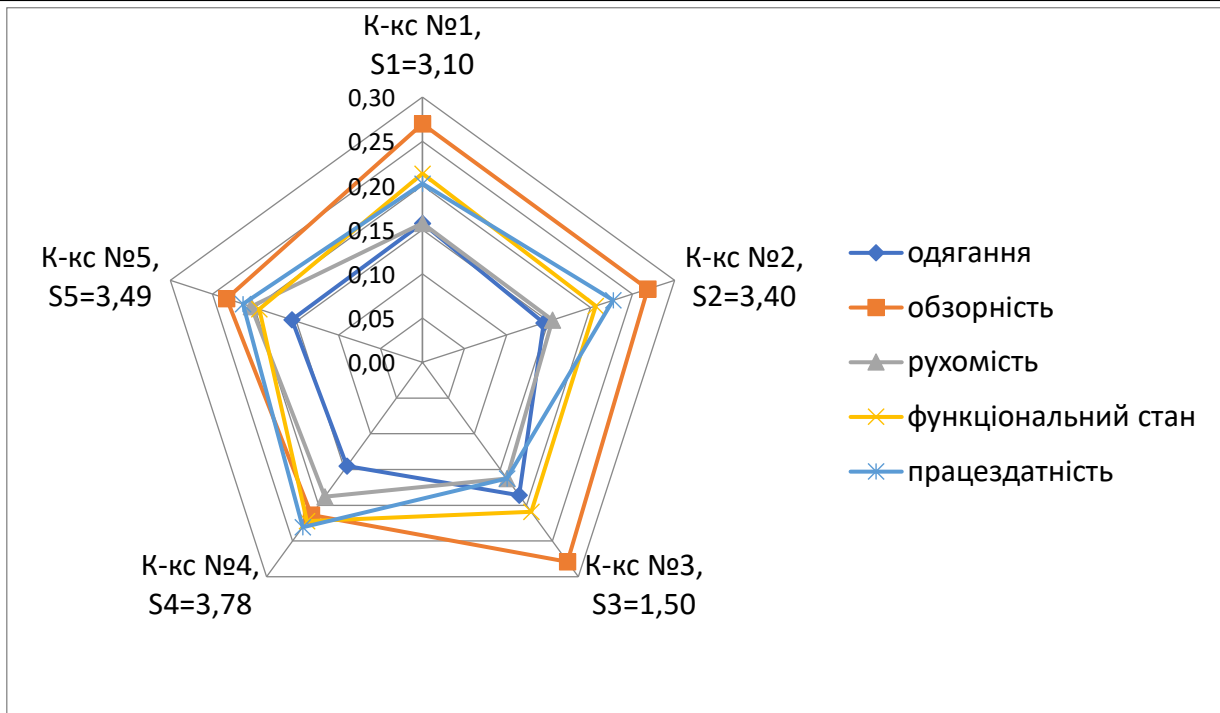


Рисунок 6: Лепесткова діаграма експертних оцінок обраних для аналізу характеристик комплексу броне- та радіаційного захисту у випадку його одягання самостійно

Джерело: розраховано автором

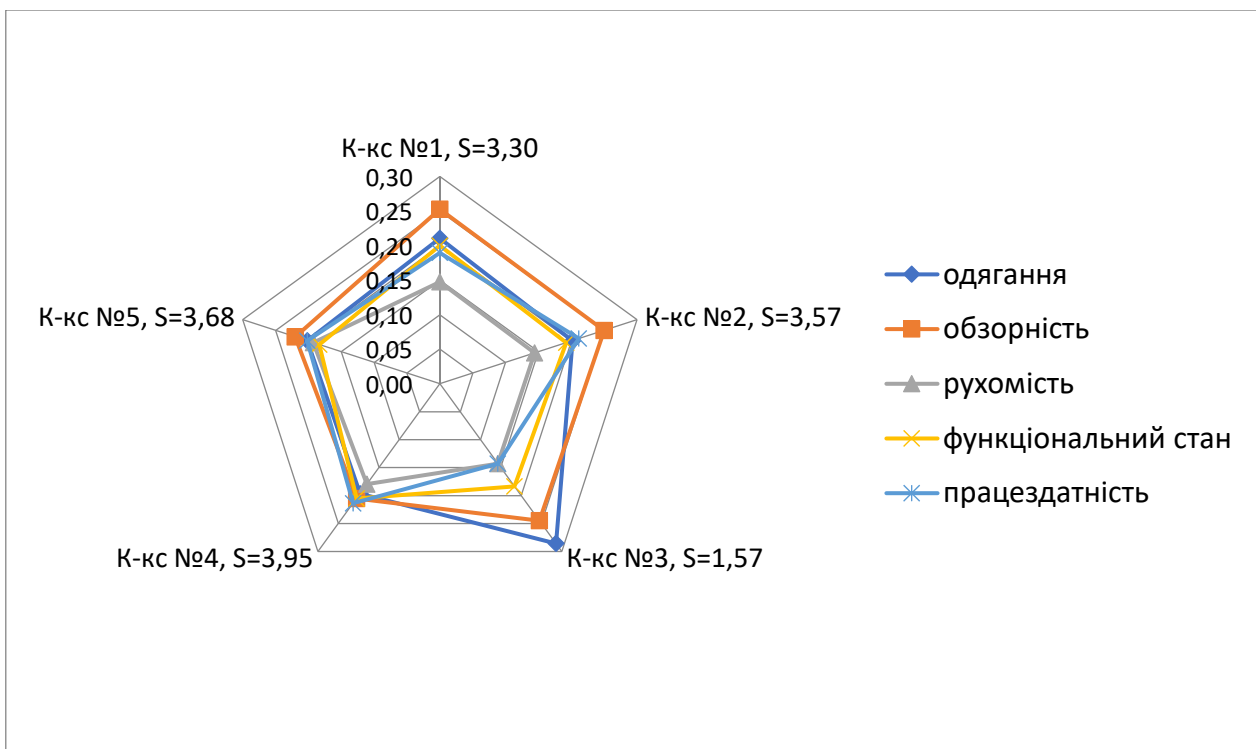


Рисунок 7: Лепесткова діаграма експертних оцінок обраних для аналізу характеристик комплексу броне- та радіаційного захисту у випадку його одягання з допомогою сторонньої особи

Джерело: розраховано автором

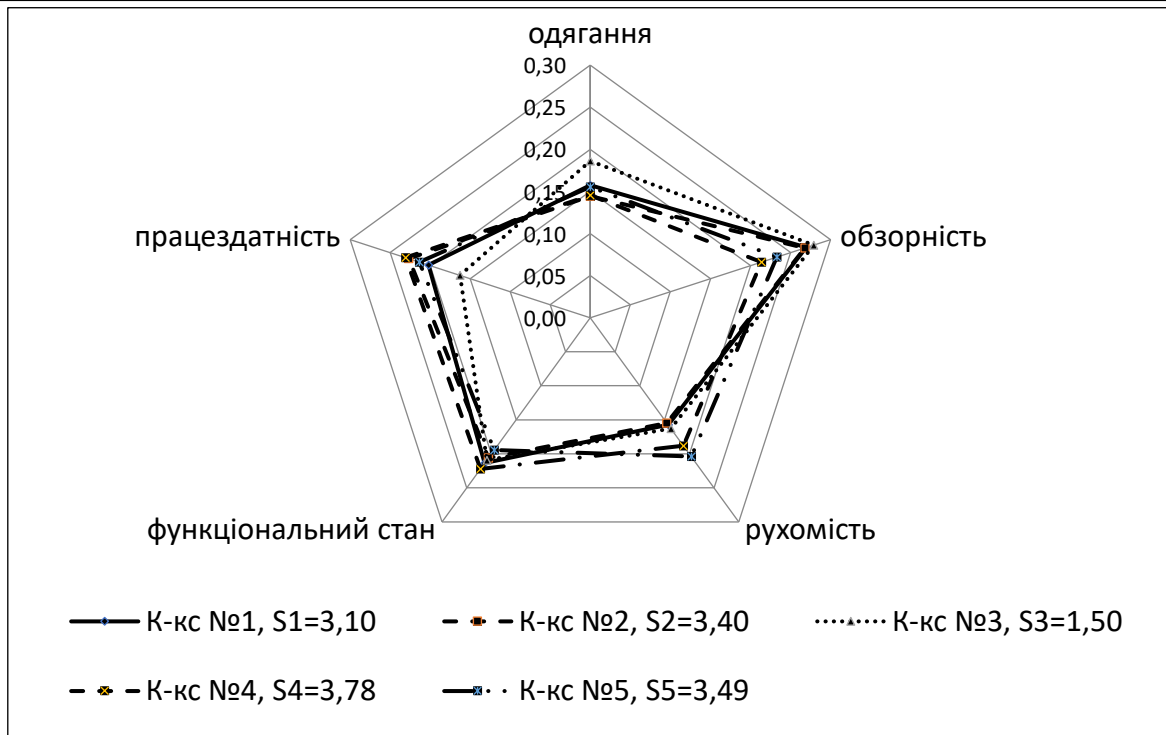


Рисунок 8: Лепесткова діаграма експертних оцінок впливу обраних характеристик комплексу броне- та радіаційного захисту на ефективність його використання у випадку одягання комплексу самостійно

Джерело: розраховано автором

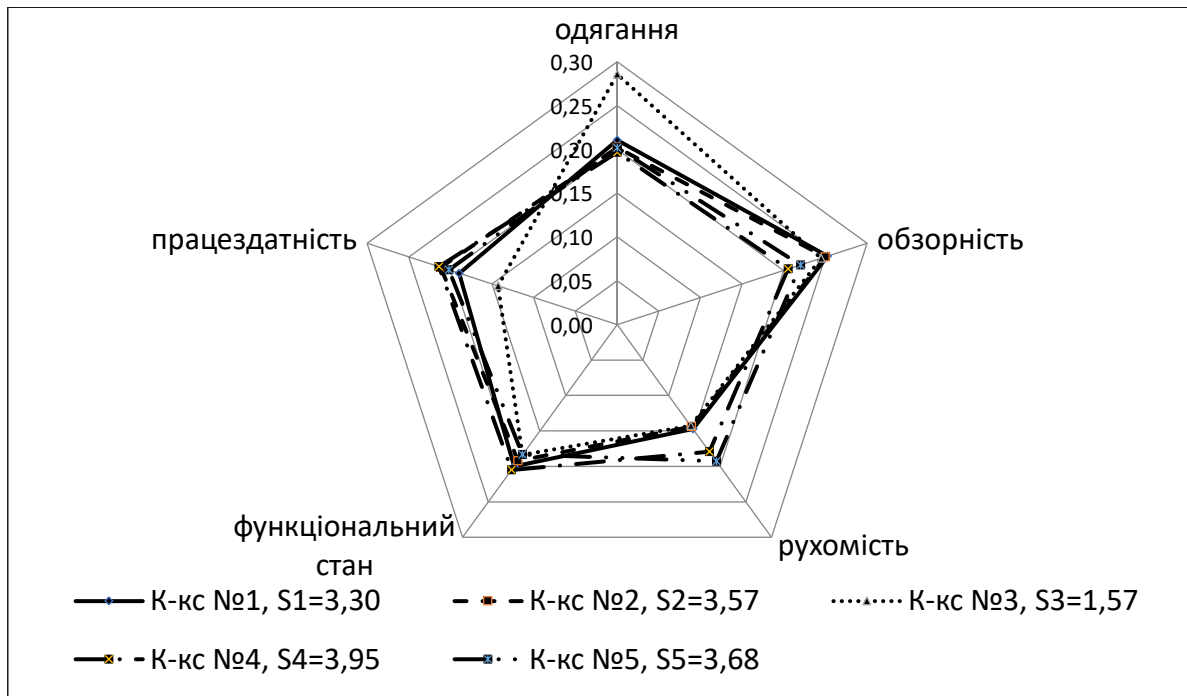


Рисунок 9: Лепесткова діаграма експертних оцінок впливу обраних характеристик комплексу броне- та радіаційного захисту на ефективність його використання у випадку одягання комплексу з допомогою сторонньої особи

Джерело: розраховано автором

Таким чином, отримані експертні результати на рівні значимості $\alpha = 0,05$ у відповідності до критерію Пірсона χ^2 є не випадковими і дозволяють використовувати отримані оцінки ваги окремих характеристик для кожного із розглянутих комплексів броне- та радіаційного захисту, а також їх впливу на загальну оцінку захисного комплексу та узагальнені оцінки впливу цих характеристик на діяльність демінера для обґрунтування практичних результатів.

4. Аналіз отриманих результатів

Аналіз отриманих результатів дозволяє стверджувати, що, як і слідувало очікувати, враховуючи значну додаткову вагу апарата на стисненому повітрі, найгірше пристосованим для гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення буде комплекс № 3. В той же час, незначні відмінності у разі використання комплексу № 2 (з фільтрувальним респіратором типу ЗМ 6200 ffr3) у порівнянні з комплексом № 1 (з фільтрувальним протигазом ГП 5) пов'язані з кращою обзорністю маски у порівнянні з шолом-маскою, з якою використовується ГП 5, а також очікуванням того, що працездатність в комплексі № 2 буде дещо кращою.

Суттєво кращі узагальнені експертні оцінки для четвертого та п'ятого комплексів викликані тим, що саме протирадіаційні захисні костюми Prochem II F та Tyvek Classic Xpert DuPont забезпечують значно кращі показники для характеристик рухомості, функціонального стану та працездатності.

Достовірність отриманих результатів експертного оцінювання комплексів броне- та радіаційного захисту підтверджують експериментальні результати [16] виконання контрольної вправи “зісмикування вибухонебезпечного предмету” (рис.10), які цілком узгоджені з ними. І за результатами експертного оцінювання, і за результатами здійснення експериментальних досліджень щодо ефективності проведення гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення видно, що ефективність роботи в захисному спорядженні, до складу якого входить апарат на стисненому повітрі, суттєво (на рівні значимості $\alpha = 0,05$) гірше, тоді як робота в захисному спорядженні, до складу якого входить фільтрувальний протигаз, практично (на рівні значимості $\alpha=0,0$) не відрізняється від роботи в спорядженні, до складу якого входить респіратор ffr3. Це дозволяє, наприклад, у разі залучення до гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення піротехнічних підрозділів ДСНС, рекомендувати роботу КБтаРЗ, оскільки кожний рятувальник цієї служби має свій фільтрувальний протигаз.

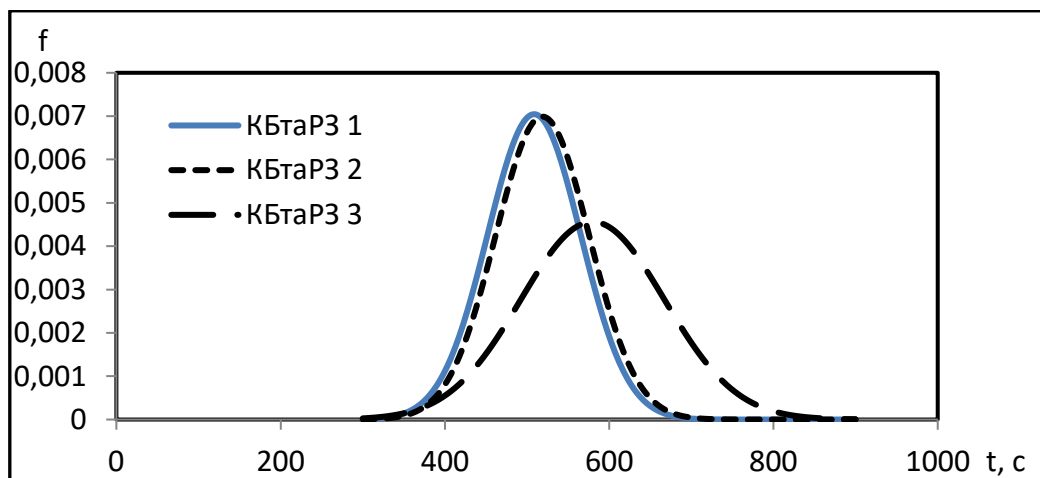


Рисунок 10: Розподіли часу виконання контрольної вправи “зісмикування вибухонебезпечного предмету” в різних варіантах захисного спорядження

Джерело: розраховано автором

Аналіз отриманих результатів показує узгодженість експертних та експериментальних результатів оцінки ефективності використання конкретних комплексів броне- та радіаційного захисту під час гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення, що дозволяє робити попередній вибір конкретних зразків захисного спорядження за результатами їх експертного оцінювання.

Таким чином, методика експертного оцінювання ефективності використання комплексу броне- та радіаційного захисту демінера представляє собою послідовне виконання наступних завдань:

вибір вихідних даних та визначення обмежень, за яких будуть використовуватись варіанти комплексів броне- та радіаційного захисту, що можуть бути надані демінерам для використання;

безпосередня оцінка обраних для аналізу комплексів броне- та радіаційного захисту залученими експертами;

перевірка узгодженості із застосуванням коефіцієнту конкордації думок експертів з визначеним рівнем значимості;

визначення ваги окремих характеристик для кожного комплексу броне- та радіаційного захисту, а також їх впливу на загальну оцінку захисного комплексу та узагальненої оцінки впливу цих характеристик на діяльність демінера;

обґрунтування оперативно-технічних рекомендацій за результатами аналізу отриманих експертних оцінок;

перевірка ефективності оперативно-технічних рекомендацій та їх уточнення за результатами експериментальних досліджень і впровадження в практичну діяльність піротехнічних підрозділів, які займаються гуманітарним розмінуванням в умовах радіаційного забруднення.

Висновки

1. Важливою та нерозв'язаною частиною проблеми отримання попередніх оцінок ефективності одночасного застосування демінерами існуючих засобів броне- та радіаційного захисту є відсутність методики експертного оцінювання впливу сукупності характеристик комплексу броне- та радіаційного захисту на діяльність демінерів під час розмінування в умовах радіаційного забруднення.

2. Для експертної оцінки якості виконання операції, що відображає реальну оперативну діяльність демінерів під час гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення навколишнього середовища, доцільно вибрати типові комбінації із існуючих в підрозділах засобів індивідуального броне- та радіаційного захисту, які використовуються під час виконання характерної операції на цей час для такого виду гуманітарного розмінування "зісмикування вибухонебезпечного предмету".

3. Наявність експертних результатів щодо дій демінерів під час виконання типових варіантів здійснення протимінної діяльності в умовах радіаційного забруднення дозволяє визначити із визначеним рівнем значимості α закономірність (закономірності), згідно з якою обрані фактори (вихідні параметри) впливають на результати гуманітарного розмінування. Це підтвердили отримані експертні результати, які на рівні значимості $\alpha = 0,05$ у відповідності до критерію Пірсона χ^2 є не випадковими і дозволяють використовувати отримані оцінки ваги окремих характеристик для кожного із розглянутих комплексів броне- та радіаційного захисту, а також їх впливу на загальну оцінку захисного комплексу та узагальнені оцінки впливу цих характеристик на діяльність демінера для обґрунтування практичних результатів.

4. Аналіз отриманих результатів показав узгодженість експертних та експериментальних результатів оцінки ефективності використання конкретних комплексів

броне- та радіаційного захисту під час гуманітарного розмінування в умовах радіаційного забруднення, що дозволяє робити попередній вибір конкретних зразків захисного спорядження за результатами їх експертного оцінювання.

5. Методика експертного оцінювання ефективності використання комплексу броне- та радіаційного захисту демінера представляє собою послідовне виконання наступних завдань:

✓ вибір вихідних даних та визначення обмежень, за яких будуть використовуватись варіанти комплексів броне- та радіаційного захисту, що можуть бути надані демінерам для використання;

✓ безпосередня оцінка обраних для аналізу комплексів броне- та радіаційного захисту залученими експертами;

✓ перевірка узгодженості із застосуванням коефіцієнту конкордації думок експертів з визначеним рівнем значимості;

✓ визначення ваги окремих характеристик для кожного комплексу броне- та радіаційного захисту, а також їх впливу на загальну оцінку захисного комплексу та узагальненої оцінки впливу цих характеристик на діяльність демінера;

✓ обґрунтування оперативно-технічних рекомендацій за результатами аналізу отриманих експертних оцінок;

✓ перевірка ефективності оперативно-технічних рекомендацій та їх уточнення за результатами експериментальних досліджень і впровадження в практичну діяльність піротехнічних підрозділів, які займаються гуманітарним розмінуванням в умовах радіаційного забруднення.

Фінансування

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

Конкуруючі інтереси

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

Список використаних джерел

1. Khotyn R. Insure yourself against the «second Chernobyl» and «monkeys with grenades». What should be known about the «terrorist attack» at the Zaporizhzhia NPP? // Radio Svoboda. 2023. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/ukrayina-zaporizka-aes-rosiya-yadernyy-terakt-shcho-treba-znaty/32472691.html> (дата звернення: 15.04.2026).
2. Ukrinform. More than 95 % of the territory of the exclusion zone of the Chernobyl Nuclear Power Plant can be replaced // Ukrinform. 2023. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3701184-ponad-95-teritorii-zoni-vidcuzenna-caes-moze-buti-zaminovano.html> (дата звернення: 15.03.2026).
3. Gudkova S. The threat of using tactical nuclear weapons: will Putin decide to strike // RFI. 2023. URL: <https://goo.su/Matc> (дата звернення: 15.04.2026).
4. Collins R., Fragniere L., Rubio D. M. Advancements in mine action: enhancing remote reporting and analysis through innovative technologies // The Journal of Conventional Weapons Destruction. 2024. Vol. 28, Iss. 3, Art. 7. URL: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol28/iss3/7> (дата звернення: 15.03.2026).
5. Кривцун В., Нанівська Л. Фактори, що впливають на процес розмінування // Social Development and Security. 2023. Т. 13, № 5. С. 38–44. DOI: <https://doi.org/10.33445/sds.2023.13.5.5>.
6. Prater D. IMAS levels of EOD & IEDD qualifications // The Journal of Conventional Weapons Destruction. 2023. Vol. 27, Iss. 1, Art. 8. URL: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol27/iss1/8> (дата звернення: 15.03.2026).

7. Vovk N. Emergency explosive ordnance risk education: lessons learned from Ukraine // The Journal of Conventional Weapons Destruction. 2024. Vol. 28, Iss. 1, Art. 5. URL: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol28/iss1/5> (дата звернення: 15.03.2026).
8. Chrystie E. Environmental mainstreaming in mine action: a case study of moving beyond "Do No Harm" // The Journal of Conventional Weapons Destruction. 2023. Vol. 27, Iss. 2, Art. 5. URL: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol27/iss2/5> (дата звернення: 15.03.2026).
9. Cottrell L., Darbyshire E., Obrestad K. H. Explosive weapons use and the environmental consequences: mapping environmental incidents in Ukraine // The Journal of Conventional Weapons Destruction. 2022. Vol. 26, Iss. 1, Art. 4. URL: <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol26/iss1/4> (дата звернення: 15.03.2026).
10. Hignett S., Hancox G., Edmunds Otter M. Chemical, biological, radiological, nuclear and explosive (CBRNe) events: systematic literature review of evacuation, triage and decontamination for vulnerable people // International Journal of Emergency Services. 2019. Vol. 8, No. 2. P. 175–190. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJES-05-2018-0030>.
11. Gyllencreutz L., Carlsson C., Karlsson S., Hedberg P. Preparedness for chemical, radiologic and nuclear incidents among emergency physicians and general practitioners: a qualitative study // International Journal of Emergency Services. 2023. Vol. 12, No. 2. P. 161–170. DOI: <https://doi.org/10.1108/IJES-07-2022-0032>.
12. IMAS 10.30. Safety and occupational health – personal protective equipment. URL: https://www.mineactionstandards.org/fileadmin/uploads/imas/Standards/English/IMAS_1_0.30_Ed.2_Am.5.pdf (дата звернення: 15.03.2026).
13. Lakhwani O. P. et al. Radiation protection and standardization // Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma. 2019. Vol. 10, No. 4. P. 738–743. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2018.08.010>.
14. ДСТУ 9296:2024. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Фільтрувальні засоби індивідуального захисту органів дихання населення у надзвичайних ситуаціях. Класифікація й загальні технічні вимоги. URL: https://budstandart.ua/normativ-document.html?id_doc=109835 (дата звернення: 15.03.2026).
15. Стрелец В. М., Каскевич Д. Ю. Экспертная оценка профессионально-важных качеств пожарного // Проблемы пожарной безопасности. 1998. Вып. 5. С. 183–185.
16. Степанчук С. О. та ін. Порівняльний кількісний аналіз особливостей гуманітарного розмінування в радіаційно забрудненій місцевості // Проблеми надзвичайних ситуацій. 2023. Вип. 2(38). С. 208–223. DOI: <https://doi.org/10.52363/2524-0226-2023-38-14>.
17. Степанчук С. О. та ін. Розробка нормативів для оцінювання рівня підготовленості піротехніків до одягання комплексу засобів броне- та радіаційного захисту // Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура. 2024. № 3(184). С. 235–244. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2024-3-184-235-244>.
18. IMAS 04.10. Glossary of mine action terms, definitions and abbreviations. URL: https://www.mineactionstandards.org/fileadmin/uploads/imas/Standards/English/IMAS_0_4.10_Ed.2_Am.12.pdf (дата звернення: 15.03.2026).
19. Рашисти почали робити вкрай небезпечні міні-пастки: чого не треба робити за будь-яких умов // Defense Express. URL: https://defence-ua.com/weapon_and_tech/vorog_pochav_robiti_vkraj_nebezpechni_mini_pastki_chogo_ne_treba_robiti_za_bud_jakih_umov-6660.htm (дата звернення: 15.03.2026).
20. Kendall M. G. A new measure of rank correlation // Biometrika. 1938. Vol. 30, No. 1–2. P. 81–93. DOI: <https://doi.org/10.1093/biomet/30.1-2.81>.

References

1. Khotyn, R. (2023). Insure yourself against the “second Chernobyl” and “monkeys with grenades”: What should be known about the “terrorist attack” at the Zaporizhzhia NPP? *Radio Svoboda*. <https://www.radiosvoboda.org/a/ukrayina-zaporizka-aes-rosiya-yadernyy-terakt-shcho-treba-znaty/32472691.html>
2. Ukrinform. (2023). More than 95% of the territory of the exclusion zone of the Chernobyl Nuclear Power Plant can be replaced. *Ukrinform*. <https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3701184-ponad-95-teritorii-zoni-vidcuzenna-caes-moze-buti-zaminovano.html>
3. Gudkova, S. (2023). The threat of using tactical nuclear weapons: Will Putin decide to strike? *RFI*. <https://goo.su/Matc>
4. Collins, R., Fragniere, L., & Rubio, D. M. (2024). Advancements in mine action: Enhancing remote reporting and analysis through innovative technologies. *The Journal of Conventional Weapons Destruction*, 28(3), Article 7. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol28/iss3/7>
5. Krivtsun, V., & Nanivska, L. (2023). Factory, shcho vplyvaiut na protses rozminuvannia [Factors influencing the demining process]. *Social Development and Security*, 13(5), 38–44. <https://doi.org/10.33445/sds.2023.13.5.5>
6. Prater, D. (2023). IMAS levels of EOD & IEDD qualifications. *The Journal of Conventional Weapons Destruction*, 27(1), Article 8. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol27/iss1/8>
7. Vovk, N. (2024). Emergency explosive ordnance risk education: Lessons learned from Ukraine. *The Journal of Conventional Weapons Destruction*, 28(1), Article 5. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol28/iss1/5>
8. Chrystie, E. (2023). Environmental mainstreaming in mine action: A case study of moving beyond “Do No Harm.” *The Journal of Conventional Weapons Destruction*, 27(2), Article 5. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol27/iss2/5>
9. Cottrell, L., Darbyshire, E., & Obrestad, K. H. (2022). Explosive weapons use and the environmental consequences: Mapping environmental incidents in Ukraine. *The Journal of Conventional Weapons Destruction*, 26(1), Article 4. <https://commons.lib.jmu.edu/cisr-journal/vol26/iss1/4>
10. Hignett, S., Hancox, G., & Edmunds Otter, M. (2019). Chemical, biological, radiological, nuclear and explosive (CBRNe) events: Systematic literature review of evacuation, triage and decontamination for vulnerable people. *International Journal of Emergency Services*, 8(2), 175–190. <https://doi.org/10.1108/IJES-05-2018-0030>
11. Gyllencreutz, L., Carlsson, C., Karlsson, S., & Hedberg, P. (2023). Preparedness for chemical, radiologic and nuclear incidents among emergency physicians and general practitioners: A qualitative study. *International Journal of Emergency Services*, 12(2), 161–170. <https://doi.org/10.1108/IJES-07-2022-0032>
12. International Mine Action Standards. (n.d.). *IMAS 10.30: Safety and occupational health – Personal protective equipment*. https://www.mineactionstandards.org/fileadmin/uploads/imas/Standards/English/IMAS_10.30_Ed.2_Am.5.pdf
13. Lakhwani, O. P., Dalal, V., Jindal, M., & Nagala, A. (2019). Radiation protection and standardization. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, 10(4), 738–743. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2018.08.010>
14. DSTU 9296:2024. (2024). Bezpeka u nadzvychaynykh sytuatsiiakh. Filtruvalni zasoby individualnoho zakhystu orhaniv dykhannia naseleattia u nadzvychaynykh sytuatsiiakh. Klasyfikatsiia y zahalni tekhnichni vymohy [Safety in emergencies. Respiratory protective filtering devices. Classification and general technical requirements]. https://budstandart.ua/normativ-document.html?id_doc=109835

15. Strelets, V. M., & Kaskevych, D. Yu. (1998). Ekspertnaya otsenka professionalno-vazhnykh kachestv pozharnogo [Expert assessment of professionally important qualities of a firefighter]. *Problemy pozharnoy bezopasnosti*, (5), 183–185.
16. Stepanchuk, S. O., Strilets, V. M., Makarov, Ye. O., & Strilets, V. V. (2023). Porivnialnyi kilkisnyi analiz osoblyvosti humanitarnoho rozminuvannia v radiatsiino zabrudnenii mistsevosti [Comparative quantitative analysis of humanitarian demining in radioactively contaminated areas]. *Problemy nadzvychainykh situatsii*, 2(38), 208–223. <https://doi.org/10.52363/2524-0226-2023-38-14>
17. Stepanchuk, S. O., Strilets, V. V., Malovyk, I. V., & Strilets, V. M. (2024). Rozrobka normatyviv dlia otsiniuvannia rivnia pidhotovlenosti pirotekhniv do odiahannia kompleksu zasobiv brone-ta radiatsiinoho zakhystu [Development of standards for assessing readiness of deminers]. *Komunalne hospodarstvo mist. Serii: Tekhnichni nauky ta arkhitektura*, 3(184), 235–244. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2024-3-184-235-244>
18. International Mine Action Standards. (n.d.). *IMAS 04.10: Glossary of mine action terms, definitions and abbreviations*. https://www.mineactionstandards.org/fileadmin/uploads/imas/Standards/English/IMAS_04.10_Ed.2_Am.12.pdf
19. Defense Express. (n.d.). Рашисти почали робити вкрай небезпечні міні-пастки: чого не треба робити за будь-яких умов. https://defence-ua.com/weapon_and_tech/vorog_pochav_robiti_vkraj_nebezpechni_mini_pastki_chogo_ne_treba_robiti_za_bud_jakih_umo_v-6660.htm
20. Kendall, M. G. (1938). A new measure of rank correlation. *Biometrika*, 30(1–2), 81–93. <https://doi.org/10.1093/biomet/30.1-2.81>



This is an open access journal and all published articles are licensed under a Creative Commons «Attribution» 4.0.