

Методика обґрунтування вимог до місць зберігання засобів ураження в польових умовах

Methodology for Substantiating Requirements for Field Storage Sites for Munitions

Федір Жубінський

Fedir Zhubinskyi

ад'юнкт, e-mail: fedirzubinskij@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0003-0779-4977>

ORCID ID: PhD student, e-mail: fedirzubinskij@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0003-0779-4977>

Національний університет оборони України, м. Київ, Україна

National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Received: July 28, 2026 | Revised: August 27, 2026 | Accepted: August 31, 2026

УДК 355.7:355.41:623.485.3

DOI: <https://doi.org/10.33445/sds.2026.16.4.22>

Мета роботи. Обґрунтувати та сформулювати концептуально-методичну послідовність визначення вимог до місць зберігання засобів ураження в польових умовах як складову процесу прийняття рішень у системі логістичного забезпечення військ (сил).

Метод дослідження. Використано методи аналізу, синтезу та систематизації наукових і нормативних джерел, порівняльний і системний аналіз, методи оцінювання ризиків та математичного моделювання можливих наслідків вибуху. Дослідження ґрунтується на нормативних документах, наукових публікаціях, методиках та даних із відкритих джерел, оприлюднених науково-дослідними організаціями, аналітичними центрами й державними установами.

Результати. Розроблено концептуально-методичну послідовність обґрунтування вимог до місць зберігання засобів ураження, що передбачає визначення вихідних параметрів, оцінювання можливих наслідків вибуху, зонування території, оцінювання ризику для персоналу та формування вимог до організації зберігання. Запропонована методика інтегрує відомі нормативні, фізичні та імовірнісні підходи в єдину процедуру прийняття рішення. Повної числової та емпіричної валідації методики в межах дослідження не проведено.

Теоретична цінність. Науковий внесок полягає в систематизації та інтеграції відомих нормативних, фізичних та імовірнісних підходів у послідовність обґрунтування вимог до місць польового зберігання засобів ураження. Запропонований підхід уточнює методичні засади переходу від оцінювання можливих наслідків вибухової події та ризику до формування вимог щодо безпеки й організації зберігання.

Практична цінність. Запропонована методика може бути використана як методична основа для попереднього оцінювання ризиків, перевірки відповідності запланованого місця встановленням вимогам та формування вимог до організації польового зберігання засобів ураження за умови верифікації вихідних даних і дотримання чинних нормативних документів.

Майбутні дослідження. Подальші дослідження доцільно спрямувати на числову апробацію та емпіричну валідацію методики, її порівняння з базовими нормативними підходами, а також на розроблення математичних моделей багатокритеріального оцінювання й вибору альтернативних місць зберігання.

Тип статті. Методична стаття.

Purpose. To substantiate and develop a conceptual and methodological sequence for determining requirements for field storage sites for munitions as a component of the decision-making process within the logistics support system of troops (forces).

Method. The study employed analysis, synthesis, and systematization of scientific and regulatory sources, comparative and systems analysis, risk assessment methods, and mathematical modelling of the potential consequences of an explosion. The research is based on regulatory documents, scientific publications, methodologies, and open-source data published by research organizations, think tanks, and government institutions.

Findings. A conceptual and methodological sequence for substantiating requirements for munitions storage sites was developed. It includes determining initial parameters, assessing the potential consequences of an explosion, zoning the surrounding area, assessing risks to personnel, and formulating requirements for storage arrangements. The proposed methodology integrates established regulatory, physical, and probabilistic approaches into a unified decision-making procedure. Full numerical testing and empirical validation of the methodology were not conducted within the scope of this study.

Theoretical implications. The scientific contribution lies in the systematization and integration of established regulatory, physical, and probabilistic approaches into a sequence for substantiating requirements for field storage sites for munitions. The proposed approach refines the methodological framework for transitioning from the assessment of potential consequences of an explosive event and associated risks to the formulation of requirements for storage safety and organization.

Practical implications. The proposed methodology can serve as a methodological basis for preliminary risk assessment, verification of whether a planned storage site complies with established requirements, and formulation of requirements for the organization of field storage of munitions, subject to verification of the input data and compliance with applicable regulatory documents.

Future research. Further research should focus on numerical testing and empirical validation of the methodology, its comparison with baseline regulatory approaches, and the development of mathematical models for multicriteria assessment and selection of alternative storage sites.

Paper type. Methodological article.

Ключові слова: засоби ураження; логістичне забезпечення; зберігання; захист; безпека; вибух; оцінка ризику.

Key words. Munitions; Logistics Support; Storage; Protection; Hazard; Explosion; Risk Assessment.

Вступ

Повномасштабна збройна агресія російської федерації проти України суттєво змінила вимоги до організації зберігання засобів ураження, особливо в польових умовах [1]. Постійна загроза ракетних ударів, застосування ударних безпілотних літальних апаратів, високоточних засобів ураження та розвідувальних систем противника обумовлює необхідність перегляду існуючих

підходів до вибору місць розміщення польових (тимчасових) складів зберігання засобів ураження (далі – ЗУ), їх інженерного обладнання, маскування, розосередження та забезпечення живучості [2].

Особливої актуальності зазначена проблема набула після низки випадків детонації ЗУ на території України. Зокрема, у липні 2026 року внаслідок ракетного удару по об'єкті у місті Вишневе Київської області відбулася масштабна вторинна детонація боєприпасів, що призвела до значних руйнувань, людських жертв, евакуації населення та подальшого кримінального розслідування щодо порушення вимог безпечного розміщення й зберігання ЗУ. За матеріалами слідства, однією з причин тяжких наслідків стало зберігання боєприпасів на об'єкті, який не відповідав установленим вимогам безпеки та розташовувався поблизу житлової забудови [3].

Наведені події підтверджують, що навіть за умови безпосереднього ураження противником місць зберігання ЗУ масштаби наслідків значною мірою визначаються правильністю вибору місця розташування складу, рівнем його інженерного обладнання, дотриманням вимог щодо безпечних відстаней, розосередження запасів, захисних споруд і заходів щодо локалізації можливих вторинних вибухів.

Таким чином, актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю підвищення рівня безпеки та живучості системи польового зберігання ЗУ в умовах сучасної війни, удосконалення науково-методичного апарату обґрунтування вимог до місць їх розміщення та врахування практичного досвіду, отриманого під час бойових дій в Україні.

Огляд літератури

Питання безпечного зберігання засобів ураження є одним із ключових напрямів розвитку військової логістики, інженерного забезпечення та системи вибухобезпеки. Проведений аналіз наукових праць і нормативно-технічної документації свідчить, що більшість існуючих досліджень присвячено забезпеченню безпеки стаціонарних арсеналів, складів і баз зберігання боєприпасів, тоді як питання обґрунтування вимог до місць їх тимчасового розміщення у польових умовах висвітлено недостатньо.

Основу сучасної системи вимог до безпечного зберігання боєприпасів становлять нормативні документи НАТО серії AASTP (Allied Ammunition Storage and Transport Publications). Базовим документом є [4], який визначає принципи планування складів боєприпасів, безпечні відстані, правила розміщення сховищ, класифікацію вибухонебезпечних речовин, вимоги до інженерного обладнання та заходів щодо мінімізації наслідків аварійних вибухів.

Подальший розвиток нормативної бази пов'язаний із впровадженням ризик-орієнтованого підходу до забезпечення вибухобезпеки. Так, стандарт [5] регламентує застосування аналізу ризиків під час проектування, експлуатації та оцінювання безпеки місць зберігання боєприпасів, а [6] визначає вимоги до їх зберігання та обслуговування під час розгортання військ у районах проведення операцій. У документі [7] особлива увага приділяється врахуванню імовірності ураження, оцінюванню можливих наслідків детонації та управлінню ризиками.

Значний внесок у розвиток теорії безпечного зберігання боєприпасів зроблено в роботах, присвячених визначенню безпечних відстаней, моделюванню ударної хвилі, розльоту уламків та оцінюванню вибухових навантажень [8]. У цих дослідженнях сформовано наукові засади інженерного проектування складів, вибору типів захисних споруд та розрахунку їх стійкості до внутрішніх і зовнішніх впливів. Разом із тим переважна більшість моделей розроблялася для стаціонарних об'єктів із відомими характеристиками місцевості та інженерної інфраструктури.

У працях українських науковців останніх років [9-11] основну увагу приділено вдосконаленню системи логістичного забезпечення Збройних Сил України, підвищенню

живучості військової інфраструктури, розосередженню матеріально-технічних засобів, маскуванню та інженерному обладнанню районів розташування військ. Досвід бойових дій підтверджує, що великі централізовані склади є пріоритетними цілями високоточної зброї, а їх ураження призводить до масштабної вторинної детонації, значних матеріальних втрат та втрати боєздатності військ.

Особливого значення ця проблема набула в умовах повномасштабної війни, коли противник широко застосовує високоточні ракети, ударні безпілотні літальні апарати, космічну та повітряну розвідку для виявлення логістичних об'єктів. Практика бойових дій свідчить, що ефективність функціонування польових складів значною мірою залежить від правильності вибору місця їх розміщення, рівня інженерної підготовки, ступеня розосередження запасів, використання природних захисних властивостей місцевості та застосування сучасних засобів маскування.

Незважаючи на значну кількість нормативних документів і наукових досліджень, аналіз літератури показав відсутність цілісної методичної послідовності, яка б поєднувала нормативні вимоги, оцінювання можливих вибухових наслідків та оцінку ризику для формування вимог до місць зберігання засобів ураження саме в польових умовах. Існуючі підходи переважно регламентують окремі вимоги безпеки, інженерного облаштування або оцінювання ризиків.

Таким чином, наукова проблема полягає не у відсутності окремих моделей вибуху чи оцінювання ризику, а у недостатній інтеграції цих відомих підходів у єдину послідовність прийняття рішення для польового зберігання. Наукова новизна роботи полягає саме як методична інтеграція нормативних, фізичних та імовірнісних компонентів, а не як створення нової фізико-математичної моделі вибуху.

Мета роботи — обґрунтувати та сформулювати концептуально-методичну послідовність визначення вимог до місць зберігання засобів ураження в польових умовах як складову процесу прийняття рішень у системі логістичного забезпечення військ (сил).

Порівняння існуючих підходів та запропонованої методики при обґрунтуванні вимог до місць зберігання засобів ураження в польових умовах наведено в таблиці 1.

Таблиця 1: Результат порівняння існуючих підходів та запропонованої методики при обґрунтуванні вимог до місць зберігання засобів ураження в польових умовах

Підхід	Основний компонент	Обмеження для польових умов	Внесок запропонованої методики
Нормативні підходи AASTP/IATG	Регламентовані вимоги безпеки та організації зберігання	Не формують єдиної послідовності переходу від розрахункових наслідків до вимог конкретного місця	Використовуються як нормативна основа методики
Фізичні моделі вибуху	Оцінювання параметрів вибухової події та її наслідків	Розглядають окремі фізичні процеси без повного зв'язку з процедурою прийняття рішення	Інтегруються з етапами зонування та оцінювання ризику
Імовірнісні моделі ризику	Оцінювання ймовірності ураження та наслідків	Потребують узгодження з характеристиками місця зберігання та нормативними вимогами	Включаються до послідовності формування вимог
Запропонована методика	Послідовність: вихідні дані → наслідки → зонування → ризик → вимоги	Потребує подальшої числової та емпіричної валідації	Інтегрує відомі компоненти в єдину методичну процедуру для польових умов

Джерело: розроблено автором.

Методологія дослідження

У ході дослідження використано методи аналізу і синтезу для дослідження нормативної бази та узагальнення існуючих підходів до організації зберігання засобів ураження; системний аналіз – для розгляду місця зберігання як складної системи; порівняльний аналіз – для зіставлення існуючих методичних підходів; методи оцінювання ризиків – для визначення рівня безпеки; математичне моделювання – для оцінювання можливих наслідків імовірної вибухової події. Статистичні методи та окремий факторний аналіз не застосовувалися, оскільки в роботі не формується статистична вибірка і не виконується самостійне статистичне тестування.

У межах цієї редакції методика кількісно охоплює насамперед безпеково-вибухотехнічні фактори: характеристики вибухонебезпечних матеріалів, можливі наслідки вибуху, просторове зонування та ризик для персоналу. Інженерні фактори враховуються через характеристики об'єкта та вимоги до захисних споруд. Природно-кліматичні, оперативно-тактичні та логістичні фактори визначаються як вихідні умови застосування, але не агрегуються в окрему математичну багатокритеріальну модель; їх кількісне включення є предметом подальших досліджень.

Результати дослідження

Підсистема зберігання засобів ураження є однією з ключових складових системи логістичного забезпечення військ, оскільки забезпечує безперервне, своєчасне та безпечне постачання боєприпасів до підрозділів, що виконують бойові завдання [12]. Її ефективність безпосередньо впливає на боєздатність військ, темпи ведення операцій і стійкість логістичної системи в умовах вогневого впливу противника. У межах цієї статті методика зосереджується на безпеково-вибухотехнічній складовій обґрунтування вимог; питання повноцінного врахування природно-кліматичних, логістичних та оперативно-тактичних факторів потребують подальшого розвитку моделі.

Засоби ураження (боєприпаси, вибухові речовини та їх елементи) належать до категорії об'єктів підвищеної небезпеки, оскільки їх енергетичний потенціал може реалізуватися у вигляді неконтрольованого вибуху. Навіть за умови дотримання нормативних вимог зберігання, залишковий ризик аварійного сценарію не може бути повністю виключений.

Особливістю таких об'єктів є поєднання трьох груп небезпек:

- енергетичної (вивільнення енергії вибуху);
- механічної (ударна хвиля та уламкове поле);
- просторової (вплив на великі території та об'єкти інфраструктури).

У зв'язку з цим формування вимог до місць їх зберігання повинно базуватися не лише на нормативних відстанях, але й на кількісному аналізі наслідків потенційних вибухових подій [13].

Методика обґрунтування вимог до місць зберігання засобів ураження може бути представлена як послідовність взаємопов'язаних етапів, що поєднують фізичне моделювання вибуху, оцінку наслідків та формування нормативних вимог. Блок-схему методики обґрунтування вимог до місць зберігання засобів ураження наведено на рис. 1.

Запропонована методика включає наступні етапи:

- визначення вихідних параметрів, запланованого місця зберігання засобів ураження;
- розрахунок параметрів імовірного вибуху у випадку настання аварійної ситуації;
- зонування території за категоріями імовірних пошкоджень;
- оцінка ризику для людей;
- формування вимог до місць зберігання засобів ураження.

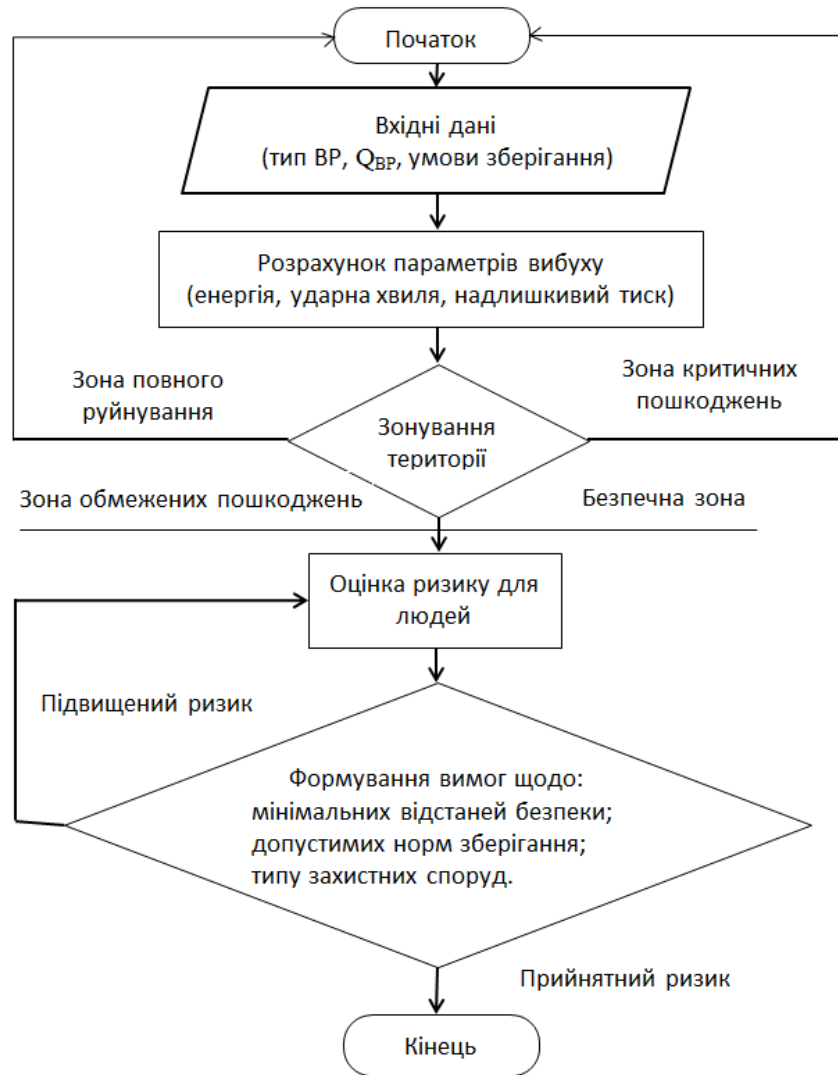


Рисунок 1: Блок-схема методики обґрунтування вимог до місць зберігання засобів ураження

Джерело: розроблено автором.

Етап 1. Визначення вихідних параметрів, до яких належать:

- тип вибухової речовини;
- маса заряду;
- умови зберігання;
- конфігурація об'єкта.

При визначенні вказаних параметрів використовується приведення маси вибухової речовини (далі – ВР) в боєприпаси, які зберігаються відповідно до визначеного тротилового еквіваленту, таблиця 2.

Таблиця 2: Значення коефіцієнту переводу в тротиловий еквівалент

Найменування ВР	$K_{те}$
ТНТ (тротил)	1,0
ТГА (тротил-гексоген-алюміній)	1,25
А-ІХ – 1	1,25
А-ІХ – 2	1,65
Тетрил	1,1

Джерело: Настанова [14]

Також при визначенні сумарної маси ВР необхідно враховувати масу порохового заряду в артилерійських, реактивних і мінометних пострілах [15]. Таким чином враховуючи вищезазначене розрахунок загальної маси ВР здійснюється за формулою:

$$Q_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^k n_i (Q_i K_{me} + \frac{Q_{nzi}}{2}), \quad (1)$$

де Q_i – розрахункова маса ВР i -го боєприпасу, кг;
 Q_{nzi} – маса i -го порохового заряду, кг;
 i – кількість номенклатур боєприпасів;
 n_i – кількість боєприпасів i -ої номенклатури;
 k – кількість номенклатур боєприпасів, які зберігаються.

В залежності від умов зберігання та конфігурації об'єкта зберігання будуть вводиться відповідні коефіцієнти при розрахунку параметрів вибуху.

Етап 2. Розрахунок параметрів вибуху:

енергія вибуху;
 параметри ударної хвилі;
 максимальний надлишковий тиск.

Основним уражаючим фактором під час вибуху є ударна хвиля (далі – УХ), яка являє собою нелінійне поширення збурення в повітряному середовищі з різким стрибком параметрів стану. Ключові параметри УХ:

надлишковий тиск ΔP ;
 динамічний тиск P_d ;
 тиск відбиття P_r ;
 густина середовища ρ ;
 швидкість фронту хвилі $V_{\phi x}$;
 швидкість частинок середовища u .

Зв'язок між параметрами описується рівняннями ударної адіабати Ренкіна–Гюгоніо [16], що дозволяє встановити залежності між тиском, густиною та швидкістю за фронтом хвилі. Для спрощення розрахунків пропонується врахувати розрахункову величину надлишкового тиску ΔP , як різницю між тиском у фронті ударної хвилі та атмосферним тиском в момент вибуху.

$$\Delta P = P_{\phi} - P_a, \text{ кг/см}^2 \quad (2)$$

де P_{ϕ} – тиск у фронті ударної хвилі;
 P_a – атмосферний тиск.

Визначення ΔP при наземному вибуху розраховується за формулою [17]:

$$\Delta P = 1,06 \frac{\sqrt[3]{Q}}{R} + 4,3 \frac{\sqrt[3]{Q^2}}{R^2} P_{\phi} + 14 \frac{Q}{R^3}, \text{ кг/см}^2 \quad (3)$$

де Q – маса вибухової речовини, кг;
 R – відстань від епіцентру вибуху, см.

В таблиці 3 наведені отримані дослідним шляхом імовірності ураження особового складу УХ $P_{ур,ух}$ залежно від величини надлишкового тиску.

Таблиця 3: Ймовірності ураження живої сили повітряною ударною хвилею від наземного вибуху залежно від величини надлишкового тиску

$\Delta P, \text{ кг/см}^2$	$P_{ур,ух}=\varphi(\Delta P),\%$	Ступінь ураження
1-2	10-15	Легке ураження
2-3	20-25	Середня контузія
3-5	50-75	Важка контузія

ΔP , кг/см ²	$P_{ур.ух}=\varphi(\Delta P)$, %	Ступінь ураження
5-7	75-100	Дуже важка контузія
Більше 7	100	Смертельне ураження

Джерело: [17]

Етап 3. Зонування території за категоріями імовірних пошкоджень:

зона повного руйнування;
зона критичних пошкоджень;
зона обмежених пошкоджень;
безпечна зона.

Для практичного застосування вводиться емпірична модель визначення радіуса зон руйнування [18]:

$$R_x = (K_x \cdot Q^{1/3}) / (1 + (3175/Q)^2)^{1/6}, \text{ м} \quad (4)$$

де R_x – радіус зон руйнувань X , м;

K_x – постійна величина для рівня руйнувань X ;

Прогнозування впливу УХ на будівлі є комплексною задачею по причині великої кількості факторів, які впливають на її розповсюдження. Значення K_x , які були отримані [19] приймають до уваги фактор оболонки, що впливає на ступінь енергії, яка передається початковим уламкам оболонки тим самим знижуючи енергію УХ (таблиця 4).

Таблиця 4: Значення коефіцієнту K_x

Категорії пошкодження	Значення коефіцієнту K_x
A – споруди повністю зруйновані	4,8
B – споруди пошкоджені настільки, що не підлягають відновленню	7,1
C _в – споруди приведені в непридатний стан, які можна відновити за рахунок проведення капітальних робіт	12,4
C _д – споруди приведені в непридатний стан, які можливо відновити відносно швидко	21,3
D – споруди потребують відновлювальних робіт для усунення серйозних незручностей, але залишаються придатними до використання за призначенням	42,6

Джерело: Результати дослідження [19]

Провівши відповідні розрахунки об'єкти всередині місця зберігання засобів ураження та навколишньої інфраструктури розподіляються за відповідними зонами ризику. При цьому для об'єктів, які перебувають в зонах повного руйнування та критичних пошкоджень проводить перерахунок для можливості віднесення їх у зону обмежених пошкоджень. При цьому приймається рішення про зменшення маси вибухової речовини Q на визначеному об'єкті в критичній зоні за рахунок його розділення (перерозподілу) між іншими місцями зберігання засобів ураження.

Етап 4. Оцінка ризику для людей, а саме:

первинні, вторинні, третинні ураження;
ймовірнісна модель смертності;
аналіз сценаріїв евакуації.

При оцінюванні впливу УХ на персонал розрізняють три форми нанесення шкоди здоров'ю людей ударною хвилею: первинна, вторинна та третинна.

Первинні тілесні ушкодження УХ викликані безпосереднім впливом УХ на організм. Найбільш розповсюдженими ушкодженнями є розрив барабанної перетинки та крововилив легенів.

Вторинні тілесні ушкодження УХ викликані прямими наслідками пошкодження будівель та споруд. Вони включають в себе забої, рвані рани, удушення та роздавлювання.

Третинні тілесні ушкодження викликані рухом тіла, який зумовлений УХ. Вони включають в себе зміщення органів або травми спричинені ударом, коли тіло відкидається на жорсткі поверхні.

Рівень ушкоджень визначається на підставі порівняння надлишкового тиску повітряної УХ по відношенню до порогу поранень (ушкоджень), які отримані на підставі [20] і становлять: 34,5 кПа для ушкоджень слуху, 207 кПа для ушкодження легенів та 690 кПа для летального випадку.

Альтернативною методологією є використання моделей Комітету Великобританії з питань зберігання та транспортування ВР (далі – КВПЗТВР) при вивченні УХ під відкритим небом, яка заснована на огляді літератури про первинний і третинний вплив повітряної УХ [21].

$$P_{fat} = (e^{(-5,785(R/Q^{1/3}+19,047)^{1/3})}/100), \quad (5)$$

де P_{fat} – імовірність смертельного випадку;
 e – імовірність підтвердженої небезпеки.

Модель КВПЗТВР може використовуватись лише в межах масштабованої відстані $S = R/Q^{1/3}$, де $2,5 < S < 5,3$. Для $S > 5,3$ імовірність смертельного випадку дорівнює нулю, тоді як для $S < 2,5$ очікується 100% імовірність фатального наслідку.

При визначенні вторинних тілесних ушкоджень американськими вченими Гілбертом, Лісом та Сіллі були розроблені імовірності [8] для людей, які перебувають в будівлях і наражені на небезпеку смертельних, важких або легких тілесних ушкоджень (таблиця 5).

Таблиця 5: Значення ймовірностей для вторинних тілесних ушкоджень

Категорії пошкоджень	Ознака пошкодження	Імовірність смертельних наслідків	Імовірність смертельних наслідків чи важких тілесних ушкоджень	Імовірність смертельних наслідків, важких чи легких тілесних ушкоджень
А _А	Будівлі повністю знищені	0,96	1	1
А _В	Будівлі майже повністю знищені	0,57	0,66	0,82
А	Будівлі знищені	0,62	0,71	0,84
В	Будівлі пошкоджені настільки, що не підлягають відновленню	0,096	0,15	0,38
С _В	Будівлі приведені в непридатний стан, але їх можливо відновити при проведенні капітальних робіт	0,009	0,043	0,13
С _А	Будівлі приведені в непридатний стан, які можливо відновити в короткі терміни	0	0,002	0,006
Д	Будівлі, які потребують відновлювальних робіт, але придатні для використання за призначенням	0	0	0

Джерело: [21]

В залежно від умов обстановки в районі розміщення об'єкту зберігання засобів ураження, враховуючи прийнятний ризик настання смертельного випадку для персоналу об'єкту, відповідним керівником приймається рішення щодо розроблення заходів по віддаленню персоналу та необхідних мір щодо евакуації у випадку аварії (вибуху) [22].

Етап 5. Формування вимог.

На основі результатів попередніх етапів формується рішення щодо відповідності запланованого місця встановленим вимогам. Перехід від розрахункових показників до управлінського рішення здійснюється за послідовністю: 1) перевірка обов'язкових нормативних вимог; 2) перевірка прийнятного рівня ризику; 3) визначення необхідності коригування умов розміщення або інженерного захисту; 4) повторне оцінювання після коригування. Якщо всі обов'язкові критерії виконані, формуються вимоги до організації зберігання. Якщо хоча б один обов'язковий критерій не виконується, варіант підлягає коригуванню або не рекомендується до подальшого використання (таблиця 6). Отже, етап 5 є процедурою перевірки відповідності та формування вимог, а не самостійною багатокритеріальною моделлю ранжування альтернатив.

Запропонована методика дає змогу систематизувати послідовність переходу від вихідних характеристик та оцінювання можливих наслідків аварійної події до формування вимог до місця зберігання. Водночас отримані результати слід розглядати як методичну основу, що потребує числової апробації та перевірки на реальних або верифікованих сценаріях.

Таблиця 6: Перехід від результатів оцінювання до рішення щодо місця зберігання

Критерій	Результат оцінювання	Рішення	Подальша дія
Обов'язкові нормативні вимоги	Виконані	Відповідає	Перехід до оцінювання ризику
Обов'язкові нормативні вимоги	Не виконані	Не відповідає	Коригування умов або відмова від варіанта
Прийнятний рівень ризику	Виконаний	Допустимо	Формування вимог до організації зберігання
Прийнятний рівень ризику	Не виконаний	Недопустимо	Коригування розміщення/захисту та повторне оцінювання

Джерело: розроблено автором.

Примітка. Таблиця визначає логіку прийняття рішення та не замінює конкретних нормативних критеріїв, які мають застосовуватися відповідно до чинних документів, таких як: мінімальні відстані безпеки; допустимі норми зберігання; вимоги до інженерного захисту (валів, укриттів, екранів тощо).

Обговорення

Основним результатом роботи є формування послідовності, яка поєднує нормативну основу, оцінювання можливих вибухових наслідків, зонування території та оцінювання ризику для персоналу. Її методична цінність полягає не у створенні нових фізичних моделей вибуху, а в інтеграції відомих компонентів у послідовність прийняття рішення, орієнтовану на умови польового зберігання.

Порівняння з підходами, представленими у [23-26], показує, що запропонована архітектура методики орієнтована на послідовний перехід від вихідних даних до формування вимог, тоді як використані нормативні та наукові джерела переважно регламентують або окремі вимоги безпеки, або окремі фізичні та імовірнісні моделі. Саме інтеграція цих компонентів є основним авторським методичним внеском. Водночас робота не претендує на повноцінну багатокритеріальну модель вибору та ранжування альтернативних місць.

Важливим обмеженням є відсутність у цій роботі завершеної числової апробації, яка б дала змогу порівняти результати запропонованої послідовності з базовим нормативним

підходом і кількісно оцінити точність або похибку. Тому твердження про підвищення точності оцінювання ризику не робиться. Додатково на результати можуть впливати особливості місцевості, інженерних споруд, метеорологічних умов та конкретних сценаріїв зовнішнього впливу; ці фактори потребують уточнення вихідних даних під час практичного застосування.

Перспективними напрямками подальших досліджень є числова апробація на репрезентативних сценаріях, порівняння з базовими нормативними рішеннями, інтеграція методики з геоінформаційними системами та розроблення математичних моделей багатокритеріального вибору місць розміщення і систем підтримки прийняття рішень [29, 30].

Висновки

У статті запропоновано концептуально-методичну послідовність обґрунтування вимог до місць зберігання засобів ураження в польових умовах. Її основою є інтеграція нормативних вимог, моделей можливих вибухових наслідків, зонування території та оцінювання ризику для персоналу й навколишньої інфраструктури.

Науковий внесок роботи полягає в систематизації та інтеграції відомих нормативних, фізичних та імовірнісних підходів у послідовність прийняття рішення. Методика створює передумови для більш обґрунтованого формування вимог до місця зберігання, але не підтверджує підвищення точності оцінювання ризику, оскільки повна числова та емпірична валідація в межах цієї роботи не виконувалася.

Подальші дослідження доцільно спрямувати на числову апробацію методики, її порівняльну перевірку з базовими нормативними підходами, розроблення математичних моделей багатокритеріального вибору місць розташування польових складів, а також адаптацію методики до динамічної зміни оперативної обстановки та інтеграцію із системами підтримки прийняття рішень.

Фінансування

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

Конкуруючі інтереси

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

Використання штучного інтелекту

Під час підготовки рукопису використано ШІ для перевірки правопису, мовного редагування та пошуку відкритих інформаційних ресурсів. Автор самостійно перевіряв зміст, джерела, розрахункові залежності та остаточні формулювання і несе відповідальність за зміст рукопису.

Список використаних джерел

1. Dr J. Watling, O. Danylyuk Winning the Industrial War: Comparing Russia, Europe and Ukraine, 2022–24 [Перемога в промисловій війні: порівняння Росії, Європи та України, 2022–24 pp.]. RUSI Occasional Paper, April 2025. URL: <http://www.rusi.org>. (дата звернення: 20.07.2026).
2. Положення про польові артилерійські склади Збройних Сил України. – Наказ від 04.10.2019 – К.: ГШЗС України. – 37 с.
3. Трагедія у Вишневому: затримали керівників підприємства, слідство встановило фатальні порушення. URL: <https://rbc.ua> (дата звернення: 20.07.2026).
4. STANAG 4440 / AASTP-1 Ed.C NATO Guidelines for the Storage of Military Ammunition and Explosives. URL: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/mail/list-promulg> (дата звернення: 20.07.2026).

5. ВСТ 01.052.018 – 2023 (01). Боєприпаси та вибухові речовини. Безпека. Аналіз ризиків під час зберігання та транспортування. Частина 1. Керівництво з прийняття рішень на основі оцінки ризику (STANAG 4442 Ed.1/ AASTP-4 Part I Ed. 1 “EXPLOSIVES SAFETY RISK ANALYSIS PART I: GUIDELINES FOR RISK-BASED DECISIONS”, IDT). Київ, 2023. 458 с. URL: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/mail/list-promulg> (дата звернення: 20.07.2026).
6. ВСТ 01.052.009 – 2022 (01). Безпека боєприпасів та вибухових речовин. Зберігання, обслуговування та транспортування боєприпасів під час ведення бойових дій (проведення операцій) (STANAG 4657 Ed.1/ AASTP-05 Ed.1 NATO guidelines for the storage, maintenance and transport of ammunition on deployed missions or operations, IDT). Київ, 2022, 128 с. URL: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/mail/list-promulg> (дата звернення: 20.07.2026).
7. Structures to resist the effects of accidental explosions. Unified facilities criteria: UFC 3-340-02 / U.S. Army corps of engineers, 2008. – 1943p. – (USA Standard). URL: <https://www.wbdg.org> (дата звернення: 20.07.2026).
8. Gilbert S M, Lees F P and Scilly N F. A Model Hazard Assessment of the Explosion of an Explosives Vehicle in a Built-Up Area. Minutes of the 26th US Department of Defense Explosives Safety Board Seminar. Miami. USA. 1994. URL: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA514151.pdf> (дата звернення: 20.07.2026).
9. Наконечний О. В. Методика оцінювання ефективності функціонування системи логістичного забезпечення сил оборони держави. Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. 2020. № 1(38). С. 54–60. DOI: <https://doi.org/10.30748/nitps.2020.38.06>.
10. Білик А.М., Михайловський Д.В. та інші (2025). Експрес-оцінювання стану споруд інженерного захисту об'єктів критичної інфраструктури другого рівня згідно з державною концепцією “країна-фортеця”. Military strategy and technology, 3(3), С. 25 – 38. DOI: <https://doi.org/10.63978/3083-6476.2025.3.3.02> (дата звернення: 20.07.2026).
11. Петрушенко М.М., Будур О.М. та інші. Поняття безпечного зберігання ракет і боєприпасів. Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса). 2020. Вип. 1, №14, С. 165 – 173. DOI: <https://doi.org/10.37129/2313-7509.2020.14.1.165-173> (дата звернення: 20.07.2026).
12. ВКП 4-160 (03).01. Доктрина забезпечення матеріально-технічними засобами, роботами та послугами: КСЛ ЗС України. Київ, 2021. 51 с. URL: <https://sprotyvg7.com.ua> (дата звернення: 20.07.2026).
13. ЛВП 4-00(226).01 Зберігання, обслуговування та транспортування боєприпасів під час ведення бойових дій (проведення операцій): метод. рек. Київ: ГУЗОВБтаБССП, 2022. 128 с. URL: <https://sprotyvg7.com.ua> (дата звернення: 20.07.2026).
14. ВКДП 4-85(03).01. Настанова арсенал (база, склад) зберігання ракет і боєприпасів Збройних Сил України: КСЛ ЗС України. Київ, 2020. 278 с.
15. Положення про арсенали, бази та склади зберігання ракет і боєприпасів Збройних Сил України: Наказ від 30.05.2017. ГШ ЗС України. Київ, 2017. 323 с.
16. Baker W., Cox P., Westine P., Kulesz J., Strehlow R. Explosion Hazards and Evaluation: Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam-Oxford-New York. 1983. URL: <https://www.sciencedirect.com> (дата звернення: 20.07.2026).
17. ВП 7-07(01).01. Методика оцінювання ефективності дії осколково-фугасного снаряда по наземних цілях: НДЦРВІА КСВ ЗС України. Київ, 2019. 52 с. URL: <https://sprotyvg7.com.ua> (дата звернення: 20.07.2026).
18. IATG 01.80:2021[E]. International ammunition technical guideline. Formulae for ammunition management: United Nations Headquarters, New York, NY 10017, USA. URL: <http://unsafeguard.org>. (дата звернення: 20.07.2026).

19. Gilbert S., Lees F. and Scilly N. A Model Hazard Assessment of the Explosion of an Explosives Vehicle in a Built-Up Area. Minutes of the 26th US Department of Defense Explosives Safety Board Seminar. Miami. USA. 1994. URL: <http://apps.dtic.mil>. (дата звернення: 20.07.2026).
20. Bowen, N., Fletcher, E., Richmond, D., Estimate of Man's tolerance to the direct effects of air blast, DASA 2113, Lovelace Foundation, Albuquerque, 1968. URL: <http://apps.dtic.mil> (дата звернення: 20.07.2026).
21. JSP 482. Ministry of defence explosives regulations (Ed.4): DSEA-DOSR-Policy, Bristol, UK, BS34 8JH. URL: <http://assets.publishing.service.gov.uk> (дата звернення: 20.07.2026).
22. Горбенко А.В. Запровадження управління безпекою боєприпасів НАТО для посилення безпеки людей в Україні: Публічне урядування, 5(33)-2022. С.16 – 22. DOI: [https://doi.org/10.32689/2617-2224-2022-5\(33\)-2](https://doi.org/10.32689/2617-2224-2022-5(33)-2). (дата звернення: 20.07.2026).
23. Іващук О.А. Обґрунтування рекомендацій щодо підвищення живучості військ (сил) та об'єктів в операції за рахунок виконання інженерних заходів: дис. д-ра філ.-ї : Київ, 2021. 166 с.
24. Сарапін Ю.О. Підвищення ефективності захисту об'єктів зберігання боєприпасів (авіаційних засобів ураження) від виникнення надзвичайних ситуацій шляхом удосконалення умов зберігання / Сарапін Ю.О., Авраменко О.В., Іванов В.І., Федоров О.В. // Повітряна міць України. 2023. – № 2 (5). – С. 51-57. DOI: <https://doi.org/10.33099/2786-7714-2023-2-5-51-57> (дата звернення: 20.07.2026).
25. Козачук В.Л., Тимків О.А., Хаврич Г.П. Погляди щодо створення та використання польових складів під час ведення операцій (бойових дій): зб. наук. праць вип. № 1(7) / ДНДІВСОБТ. – Ч: 2021. – С. 23 – 28. DOI: <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.7.2021.03>. (дата звернення: 20.07.2026).
26. Сидоренко В.Л. Азаров С.І. Розрахунок наслідків дії вибухової ударної хвилі на людину при вибуху на складі боєприпасів: Системи озброєння і військова техніка. – 2008. – № 1(13). – С. 70-73. URL: <https://irbis-nbuv.gov.ua> (дата звернення: 20.07.2026).
27. Коцюруба В.І., Білик А.С. та інші. Методика розрахунків та обґрунтування вимог до інженерного захисту об'єктів критичної інфраструктури від БПЛА типу баражуючий боєприпас: Опір матеріалів і теорія споруд. – 2022. – № 109. – С.164-183 DOI: <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2022.109.164-183> (дата звернення: 20.07.2026).
28. Коцюруба В. І., Білик А. С., Бзот В. Б., Дзеверін І. Г. Захист об'єктів критичної інфраструктури України від прямих влучань ракет за допомогою підземного розташування: Ядерна та радіаційна безпека, 2(98)-2023. С. 69–80. DOI: [https://doi.org/10.32918/nrs.2023.2\(98\).07](https://doi.org/10.32918/nrs.2023.2(98).07) (дата звернення: 20.07.2026).
29. Бялий М.О. Моделі, методи та алгоритми інформаційного забезпечення систем підтримки прийняття рішень у геоінформаційних системах військового призначення: дис. д-ра філ.-ї : Київ, 2026. 161с. URL: <https://ir.library.knu.ua/handle/15071834/18785>
30. Гресь О.М. Оптимізація логістичних процесів забезпечення військових підрозділів в умовах активних бойових дій: український досвід: Науковий вісник МГУ. – 2024 № 71. С 4-7. DOI: <https://doi.org/10.32782/2307-1745.2024.71.1> (дата звернення: 20.07.2026)

References

1. Dr J. Watling, O. Danylyuk Winning the Industrial War: Comparing Russia, Europe and Ukraine, 2022–24. RUSI Occasional Paper, April 2025. URL: <http://www.rusi.org>.
2. Regulation on field artillery depots of the Armed Forces of Ukraine. – Order 04.10.2019 – K.: GSAF of Ukraine. – 37 p. [in Ukrainian]
3. Tragedy in Vyshneve: two company executives detained. URL: <https://rbc.ua>
4. STANAG 4440 / AASTP-1 Ed.C NATO Guidelines for the Storage of Military Ammunition and Explosives. URL: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/mail/list-promulg>

5. STANAG 4442 Ed.1/ AASTP-4 Part I Ed. 1 “EXPLOSIVES SAFETY RISK ANALYSIS PART I: GUIDELINES FOR RISK-BASED DECISIONS”, IDT. URL: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/mail/list-promulg>
6. STANAG 4657 Ed.1/ AASTP-05 Ed.1 NATO guidelines for the storage, maintenance and transport of ammunition on deployed missions or operations, IDT. Київ, 2022, 128 с. URL: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/mail/list-promulg>
7. Structures to resist the effects of accidental explosions. Unified facilities criteria: UFC 3-340-02 / U.S. Army corps of engineers, 2008. – 1943p. – (USA Standard). URL: <https://www.wbdg.org>
8. Gilbert S M, Lees F P and Scilly N F. A Model Hazard Assessment of the Explosion of an Explosives Vehicle in a Built-Up Area. Minutes of the 26th US Department of Defense Explosives Safety Board Seminar. Miami. USA. 1994. URL: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA514151.pdf>
9. Nakonechnyi, O. V. (2020). Metodyka otsiniuvannia efektyvnosti funktsionuvannia systemy lohystychnoho zabezpechennia syl oborony derzhavy [Methodology for evaluating the effectiveness of the logistics support system of the state defense forces]. *Nauka i tekhnika Povitrianykh Syl Zbroinykh Syl Ukrainy*, 1(38), 54–60. <https://doi.org/10.30748/nitps.2020.38.06>. [in Ukrainian].
10. Artem Bilyk, Denys Mykhailovskyi and over (2025). Express assessment of the condition of engineering protection structures of second-level critical national infrastructure objects according to the “fortress country” state concept . *Military strategy and technology*, 3(3), p. 25 – 38. DOI: <https://doi.org/10.63978/3083-6476.2025.3.3.02> .
11. M. Petrushenko, O. Budur, P. Bordian, V. Bordian. The concept of safe storage of rockets and ammunition. col. of scient. work AA Odessa. 2020. №14, p. 165 – 173. DOI: <https://doi.org/10.37129/2313-7509.2020.14.1.165-173>
12. Doctrine of provision with material and technical resources, works and services: LC AF of Ukraine, 2021. 51 p. URL: <https://sprotyvg7.com.ua> [in Ukrainian]
13. Storage, maintenance and transportation of ammunition during combat operation: methodological guidelines, 2022. 128 p. URL: <https://sprotyvg7.com.ua> [in Ukrainian]
14. Guidelines arsenal, base, missile and ammunition storage depot of the Armed Forces of Ukraine, 2020. 278 p. [in Ukrainian]
15. Approved by the order of the Chief of the General Staff of the Armed Forces of Ukraine About the statement of the Situation on arsenals, bases and warehouses of storage of missiles and ammunition of Armed forces of Ukraine. (2017, May 30). [in Ukrainian].
16. Baker W., Cox P., Westine P., Kulesz J., Strehlow R. Explosion Hazards and Evaluation: Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam-Oxford-New York. 1983. URL: <https://www.sciencedirect.com>
17. Methodology for evaluating the effectiveness of a high-explosive fragmentation shell against ground targets., 2019. 52 c. URL: <https://sprotyvg7.com.ua> [in Ukrainian]
18. IATG 01.80:2021[E]. International ammunition technical guideline. Formulae for ammunition management: United Nations Headquarters, New York, NY 10017, USA. URL: <http://unsafeguard.org>.
19. Gilbert S., Lees F. and Scilly N. A Model Hazard Assessment of the Explosion of an Explosives Vehicle in a Built-Up Area. Minutes of the 26th US Department of Defense Explosives Safety Board Seminar. Miami. USA. 1994. URL: <http://apps.dtic.mil>.
20. N. Bowen, E. Fletcher, D. Richmond, Estimate of Man’s tolerance to the direct effects of air blast, DASA 2113, Lovelace Foundation, Albuquerque, 1968. URL: <http://apps.dtic.mil>
21. JSP 482. Ministry of defence explosives regulations (Ed.4): DSEA-DOSR-Policy, Bristol, UK, BS34 8JH. URL: <http://assets.publishing.service.gov.uk>
22. Horbenko Andrii. NATO ammunition safety management adoption to strengthen human safety in Ukraine: Public governance, 5(33)-2022. p.16 – 22. DOI: [https://doi.org/10.32689/2617-2224-2022-5\(33\)-2](https://doi.org/10.32689/2617-2224-2022-5(33)-2).

23. Ivashchuk, O. A. (2021). *Obgruntuvannia rekomendatsii shchodo pidvyshchennia zhyvuchosti viisk (syl) ta obektiv v operatsii za rakhunok vykonannia inzhenernykh zakhodiv* [Substantiation of recommendations for increasing the survivability of troops (forces) and facilities in an operation through the implementation of engineering measures] (Doctoral dissertation). Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian]
24. Yurii Sarapin. Increasing the efficiency of protection storage facilities of ammunition (aviation means of attack) from emergency situations by improving storage conditions // Air power of Ukraine. 2023. – № 2 (5). – p. 51-57. DOI: <https://doi.org/10.33099/2786-7714-2023-2-5-51-57>.
25. Kozachuk V., Tymkiv O. and Khavrych, H. Views on the creation and use of field depots during operations (combat actions): col. of scient. work № 1(7) / SSRICNV. – Chernigiv.: 2021. – p. 23 – 28. DOI: <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.7.2021.03>.
26. Sidorenko, V., Azarov, S. Calculation of results from the action of the explosive shock wave on a man at an explosion on composition of live ammunitions: Weapon systems and military equipment. – 2008. – № 1(13). – p. 70-73. URL: <https://irbis-nbuv.gov.ua>
27. Kotsiuruba, V.I., Bilyk, A.S. and overs. Method of calculations and substantiation of requirements for engineering protection of critical infrastructure objects from uavs with warheads //Strength of Materials and Theory of Structures. 2022. № 109. – p.164-183 DOI: <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2022.109.164-183>
28. V. Kotsiuruba, A. Bilyk, V. Bzot, I. Dzeverin. Protection of Critical infrastructure Objects of Ukraine against Direct Missile Hits Using Underground Structures: Nuclear and radiation safety, 2(98)-2023. p.69 – 80. DOI: [https://doi.org/10.32918/nrs.2023.2\(98\).07](https://doi.org/10.32918/nrs.2023.2(98).07)
29. Bialyi M. Models and Methods of Information Support for Decision Support Systems for Military Geographic Information Systems. – Qualification scientific work presented as a manuscript. Kyiv, 2026. 161p. URL: <https://ir.library.knu.ua/handle/15071834/18785>
30. Hres O. Optimization of logistics processes of securing military units in active combat actions: the ukrainian experience. Scientific journal of MGU – 2024 № 71. p 4-7. DOI: <https://doi.org/10.32782/2307-1745.2024.71.1>



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