

Удосконалена методика оцінювання ефективності хімічного, біологічного, радіологічного, ядерного захисту

Improved methodology for evaluating the effectiveness of chemical, biological, radiological, and nuclear protection

Іван Мещеряков * A

*Corresponding author: ад'юнкт, e-mail: shulyk3004@ukr.net, ORCID: 0000-0001-5797-0735

Андрій Антонов A

к. військ. н., заступник начальника Центру перепідготовки та підвищення кваліфікації, e-mail: antonov1970@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3250-4046

Ivan Meshcheriakov * A

*Corresponding author: graduate student, e-mail: shulyk3004@ukr.net, https://orcid.org/0000-0001-5797-0735

Andrii Antonov A

Candidate of military sciences, deputy head of the Center for retraining and professional development, e-mail: antonov1970@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3250-4046

A Національний університет оборони України імені Івана Черняховського, м. Київ, Україна

A National Defense University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskyi, Kyiv, Ukraine

Received: February 5, 2023 | Revised: February 20, 2023 | Accepted: February 28, 2023

DOI: 10.33445/sds.2023.13.1.14

Мета роботи: удосконалення методики оцінювання ефективності захисту військ в умовах радіаційного та хімічного зараження за рахунок застосування показників і критеріїв прийнятих у НАТО.

Дизайн/Метод: метод системного аналізу, метод експертного оцінювання та ризик-орієнтований метод.

Результати дослідження: запропоновано удосконалити існуючу методику за рахунок таких показників, як імовірність потрапляння в зону радіаційного та/або хімічного зараження, показник математичного очікування збитку (втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження) та показник імовірного ризику втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження. Також на відміну від існуючих методик у методиці запропонований вибір варіанту виконання завдань за показником мінімальної вартості, що дозволить збільшити економічний ефект спланованих заходів.

Теоретична цінність дослідження: удосконалена методика дозволить вирішувати завдання щодо зміни ймовірного ризику в межі допустимого за рахунок виконання завдань ХБРЯ захисту чим забезпечується баланс ризиків та успішного виконання завдань, що відповідає процедурі планування за стандартами НАТО з питань управління ризиками.

Тип статті: науково-практичний.

Purpose: improvement of the methodology for evaluating the effectiveness of the protection of troops in conditions of radiation and chemical contamination due to the use of indicators and criteria adopted by NATO.

Design/Method/Approach: method of system analysis, method of expert evaluation and risk-oriented method.

Findings: it is proposed to improve the existing methodology at the expense of such indicators as the probability of falling into the zone of radiation and/or chemical contamination, the indicator of the mathematical expectation of damage (loss of life and health of the personnel in the conditions of RC contamination) and the indicator of the probable risk of loss of life and health of the individual composition under conditions of RH infection. Also, in contrast to existing methods, the method offers a choice of the option of performing tasks based on the minimum cost indicator, which will increase the economic effect of the planned measures.

Theoretical implications: the improved methodology will allow solving the tasks of changing the probable risk within the limits of the permissible due to the fulfillment of the tasks of the CBRN protection, which ensures the balance of risks and the successful execution of tasks, which corresponds to the planning procedure according to the NATO standards on issues of risk management.

Paper type: scientific and practical.

Ключові слова: захист, загроза, ризик, ефективність, ураження, показник, критерій, методика, класифікація.

Key words: protection, threat, risk, effectiveness, damage, indicator, criterion, technique, classification.

1. Вступ

Досвід відсічі широкомасштабного вторгнення рф в Україну свідчить про край високу загрозу застосування тактичної ядерної та хімічної зброї з боку агресора, що викликає необхідність захисту військ в умовах радіаційного та/або хімічного зараження, тому завдання хімічного, біологічного, радіологічного та ядерного захисту військ набуває особливої актуальності. Система хімічного, біологічного, радіологічного та ядерного захисту має на меті максимальне зменшення втрат військ (сил) під час дій в умовах хімічного, біологічного, радіаційного зараження, але

існуючі методики оцінювання ефективності функціонування зазначеної системи не пристосовані до ефективного використання у ході об'єднаного планування за принципами і підходами НАТО.

2. Теоретичні основи дослідження

У статті набуває подальшого розвитку функціонування існуючої системи хімічного, біологічного, радіологічного та ядерного захисту з урахуванням переліку типових завдань Збройних Сил України за сценаріями виникнення та розвитку ситуацій воєнного характеру. Зазначений перелік типових завдань, який використовується під час планування застосування Збройних Сил України на основі спроможностей, є підґрунтям планування. Спроможності містять посилання на групи спроможностей каталогу НАТО, що в свою чергу дає можливість впровадження в діяльність військ (сил) стандартизованих угод (військових стандартів) Альянсу.

У статті запропоновано удосконалити існуючу методику за рахунок таких показників, як імовірність потрапляння в зону радіаційного та/або хімічного зараження, показник математичного очікування збитку (втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження) та показник імовірного ризику втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження. Також на відміну від існуючих методик у методиці запропонований вибір варіанту виконання завдань за показником мінімальної вартості, що дозволить збільшити економічний ефект спланованих заходів.

Удосконалена методика дозволить вирішувати завдання щодо зміни ймовірного ризику в межі допустимого за рахунок виконання завдань ХБРЯ захисту чим забезпечується баланс ризиків та успішного виконання завдань, що відповідає процедурі планування за стандартами НАТО з питань управління ризиками.

3. Постановка проблеми

Відповідно до засад внутрішньої і зовнішньої політики, з урахуванням характеру актуальних загроз національній безпеці, а також наявності на території України потенційно-небезпечних об'єктів та велику ймовірність застосування у війні з боку противника зброї масового ураження (далі – ЗМУ), одним із основних завдань є готовність сил оборони України до дій в умовах радіаційного, хімічного та біологічного зараження.

Особливе занепокоєння викликає:

- висока ймовірність застосування противником тактичної ядерної зброї;
- досягнення критичного ступеня тероризму з боку РФ-ї із використанням аварій (зруйнувань) об'єктів атомної промисловості та об'єктів критичної інфраструктури;
- збільшення випадків застосування невідомих хімічних речовин задушливої дії.

Досвід широкомасштабного вторгнення РФ-ї в Україну свідчить, що з початком збройного протистояння невід'ємним фактором війни є руйнування (як навмисні, так і супутні) не тільки промислових, енергетичних, транспортних та військових об'єктів а й об'єктів цивільного сектору. Їх масштаби не обумовлені районами збройного зіткнення та оперативно-тактичною доцільністю, вони мають вплив на всю територію України відповідно до можливостей засобів ураження.

Для максимального зменшення втрат особового складу в умовах радіаційного та хімічного зараження на війська РХБ захисту покладені відповідні завдання щодо ХБРЯ захисту військ від зазначених загроз за допомогою існуючих технічних засобів та озброєння.

Організація та планування відповідних завдань здійснюється в системі ХБРЯ захисту та має на меті максимальне зменшення втрат військ (сил) під час дій в умовах хімічного, біологічного, радіологічного та ядерного зараження [1] відповідно до існуючих керівних документів та методик.

Нажаль існують лише спрощені аналітичні методики оцінювання необхідної кількості сил і засобів РХБ захисту для виконання визначеного обсягу завдань. Але повнота виконання завдань лише опосередковано може свідчити про ефективність дій підрозділів.

У запропонованих методиках не враховуються такі важливі показники, як імовірність потрапляння в зону радіаційного та/або хімічного зараження, показник математичного очікування збитку (втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження) та показник імовірного ризику втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження. Також на відміну від існуючих методик у методиці запропонований вибір варіанту виконання завдань за показником мінімальної вартості, що дозволить збільшити економічний ефект спланованих заходів.

В умовах сьогодення також виникає потреба щодо сумісного об'єднаного планування з НАТО та державами-партнерами яке визначене відповідними Указами Президента України [2, 3] та наказом Міністерства оборони України [4] щодо удосконалення доктринальних документів з підготовки та застосування Збройних Сил України, інших складових сил оборони, їх узгодження із принципами і підходами НАТО та держав-партнерів.

В органах військового управління триває робота щодо імплементації прийняття військових рішень за стандартами НАТО [5], які регламентують загальний порядок роботи командувача та штабу із врахуванням стандартних процедур, прийнятих у державах – членах НАТО.

Зазначена потреба викликає необхідність у проведенні відповідної роботи і за напрямком хімічного, біологічного, радіологічного, ядерного захисту.

Слід зауважити, що на теперішній час немає єдиних поглядів щодо показників і критеріїв оцінювання ефективності ХБРЯ захисту військ (сил).

Питанням дослідження ефективності ХБРЯ захисту військ (сил) присвячена низка наукових робіт [6-19], в яких для визначення ефективності використовуються показники тактико-технічних можливостей озброєння та військової техніки, часові показники виконання тих чи інших заходів, коефіцієнти, що враховують особливості виконання завдань тощо.

Враховуючи зазначене, виникає нагальна необхідність у вдосконаленні існуючих методик з урахуванням ризик-орієнтованого підходу в умовах можливого застосування противником ЗМУ з метою їх використання у процесі об'єднаного планування за стандартами НАТО.

Отже, метою статті є удосконалення методики оцінювання ефективності ХБРЯ захисту військ (сил) за рахунок застосування показників і критеріїв прийнятих у НАТО.

4. Результати

Визначення раціонального складу сил та засобів РХБ захисту для виконання заходів в умовах РХ зараження вирішується шляхом послідовного виконання розрахунків та оптимізаційних постановок на п'ятьох етапах методики, відповідно до схеми дій, що наведена на рис. 1.

Для оцінювання ефективності ХБРЯ захисту особового складу в умовах РХ зараження, за результатами виконання завдань, пропонується удосконалена методика, схема якої наведена на рис.1.

Новизна методики, на відміну від існуючих, полягає в оцінюванні ефективності ХБРЯ захисту особового складу в умовах РХ зараження, за результатами виконання завдань із використанням ризик-орієнтованого підходу, який має наступний зміст: виходячи із рішення на допустимі втрати у ході виконання завдань, на підставі існуючих загроз, обчислюється допустимий і ймовірний ризик досягнення мети щодо втрати здоров'я особового складу в умовах РХ зараження.

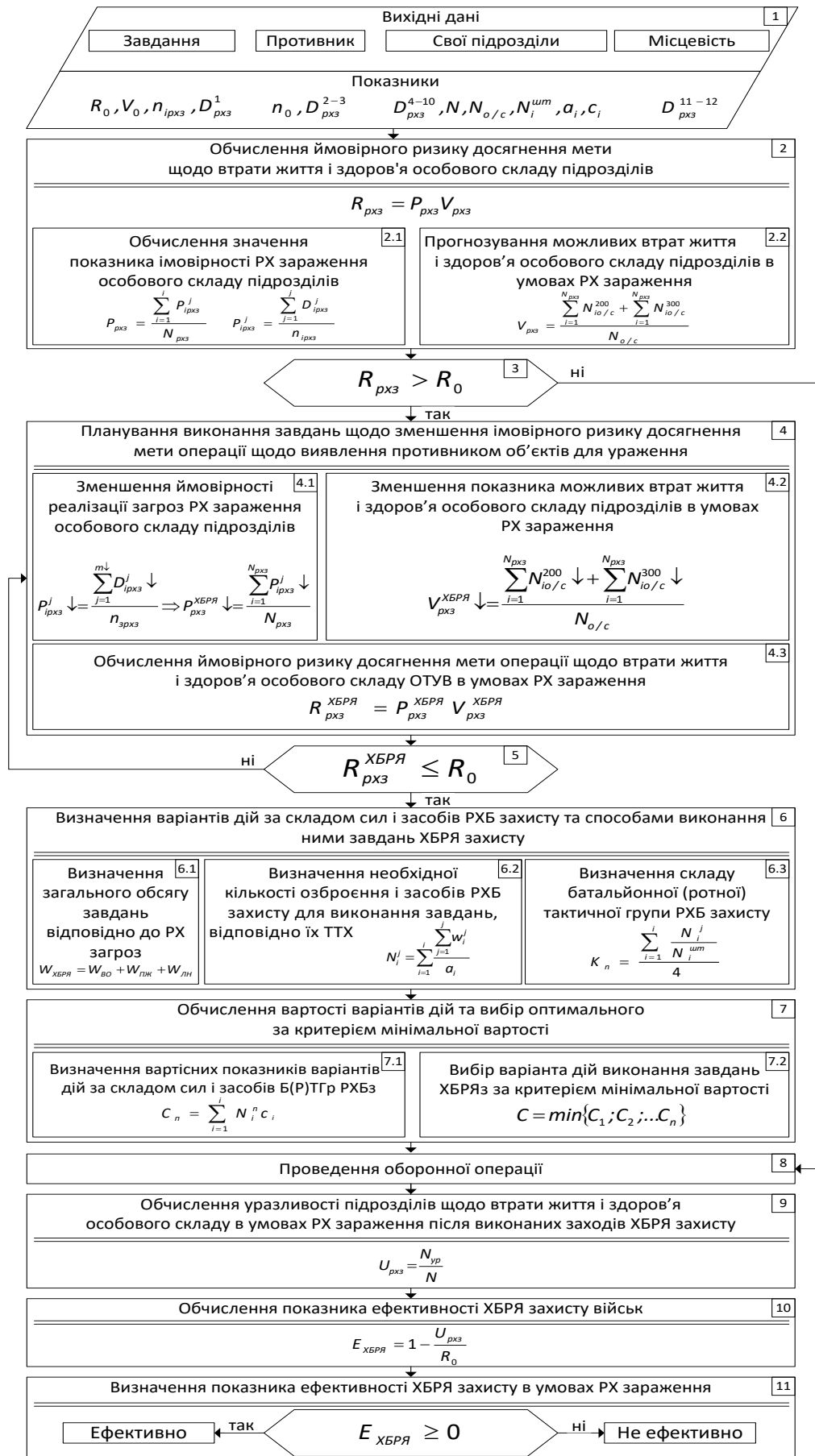


Рисунок 1 – Структурно-логічна схема методики оцінювання ефективності ХБРЯ захисту в умовах РХ зараження

У разі відповідності ймовірного ризику допустимому, організація додаткових заходів ХБРЯ захисту не доцільна, якщо ні – слід зменшити ймовірний ризик до межі допустимого за рахунок зменшення часткового показника імовірності реалізації загроз РХ зараження особового складу за рахунок зменшення кількості загроз РХ зараження кожної i -ї військової частини та показника можливих втрат життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження за рахунок набуття ними необхідних спроможностей ХБРЯ захисту;

у разі отримання позитивного результату показника ефективності ХБРЯ захисту – проведені заходи ефективні, якщо результат показника ефективності негативний – заходи ХБРЯ захисту не ефективні.

Як показники ефективності обираються:

– часткові показники та їх критерії:

1. Показник імовірності потрапляння в зону радіаційного та/або хімічного зараження (РХЗ) особового складу класифікується за оціночною шкалою, як показано на рис. 2 [1, 5, 20].

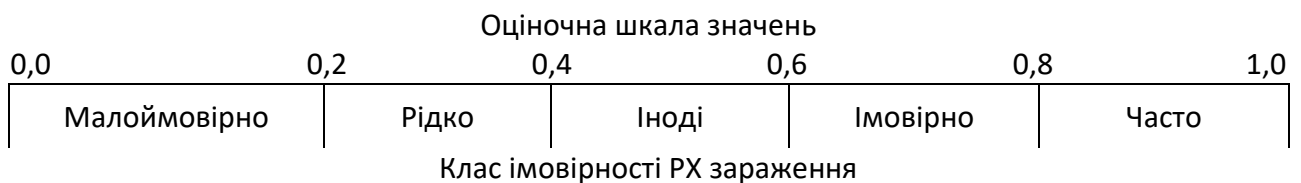


Рисунок 2 – Класифікація показника імовірності потрапляння в зону РХЗ

2. Показник математичного очікування збитку (втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХЗ) за оціночною шкалою класифікуються, як показано на рис.3 [1, 5, 20].

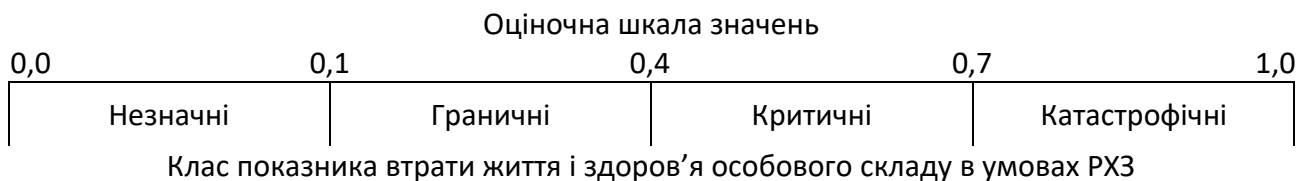


Рисунок 2 – Класифікація показника втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХЗ за оціночною шкалою

– узагальнений показник та його критерій – показник ймовірного ризику втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХЗ за оціночною шкалою класифікуються, як показано на рис.4.

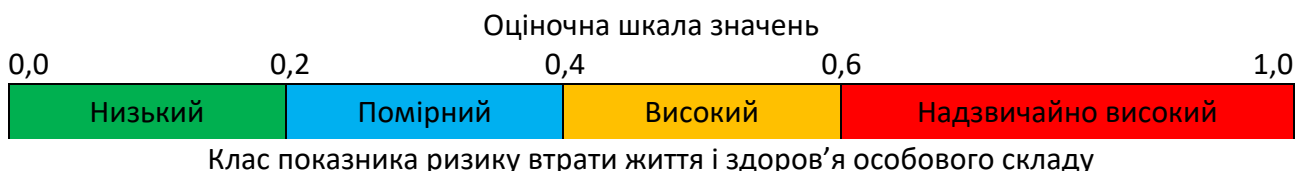


Рисунок 3 – Класифікація показника ймовірного ризику втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХЗ за оціночною шкалою

Показник ймовірного ризику ймовірного ризику втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження, з метою підвищення оперативності та чіткого розуміння, більш доцільно класифікувати за отриманими класами показника імовірності потрапляння в зону

РХЗ особового складу та показника втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХЗ, як показано в табл.1 [1, 5, 20].

Таблиця 1 – Класифікація показника ймовірного ризику втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження

Втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження	Імовірність потрапляння в зону РХ зараження особового складу				
	Часто	Імовірно	Іноді	Рідко	Малоймовірно
Катастрофічні	Надзвичайно високий	Надзвичайно високий	Високий	Високий	Помірний
Критичні	Надзвичайно високий	Високий	Високий	Помірний	Низький
Граничні	Високий	Помірний	Помірний	Низький	Низький
Незначні	Помірний	Низький	Низький	Низький	Низький

Методика складається із одинадцяти блоків.

Блок 1. Підготовка вихідних даних, які потрібні для обґрунтування необхідності ХБРЯ захисту.

У блоці методом експертних оцінок, з урахуванням існуючих загроз, визначають клас показника допустимого ризику досягнення мети щодо втрати здоров'я особового складу в умовах РХ зараження – R_0 , відповідно до табл. 1, або визначається через показник максимально допустимих втрат життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження [5].

Допустимий ризик досягнення мети операції щодо втрати здоров'я особового складу в умовах РХ зараження уявляє собою добуток показника імовірності потрапляння в зону РХ зараження особового складу та показника втрати здоров'я особового складу в умовах РХ зараження, при цьому, обидва показники обираються для максимально несприятливого для нас випадку [20]:

$$R_0 = P_0 V_0, \quad (1)$$

де R_0 – показник допустимого ризику досягнення мети операції щодо втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження;

P_0 – показник імовірності РХ зараження особового складу. В умовах РХ зараження буде прагнути до 1;

V_0 – показник максимально допустимих втрат життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження.

Виходячи з (1) при умові $P_0 = 1$, значення допустимого ризику втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження R_0 буде дорівнювати максимально допустимим втратам здоров'я особового складу в умовах РХ зараження V_0 . Цей показник потрібно визначати у бойовому завданні з урахуванням i -ї кількості можливих підрозділів, в яких трапились випадки втрати здоров'я особового складу в умовах РХ зараження:

$$V_0 = \frac{\sum_{i=1}^i N_{i\text{зм}}^0}{N}, \quad (2)$$

де V_0 – показник максимально допустимих втрат здоров'я особового складу в умовах РХ зараження;

$N_{i\text{зм}}^0$ – кількість особового складу i -ї військової частини, який ймовірно втратить здоров'я в умовах РХ зараження;

N – загальна кількість особового складу.

Вихідними у блоці є дані про наявність j -х загроз РХ зараження особового складу i -х підрозділів – $D_{\text{рхз}}^j$ із загальної кількості загроз РХ зараження – $n_{\text{рхз}}$, імовірність реалізації яких може зірвати досягнення мети операції [21]:

1. Завдання: $D_{\text{рхз}}^1$ – загроза недостатньої інформації для усвідомлення (не визначений клас показника допустимого ризику досягнення мети операції щодо втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження – R_0 , або не визначений показник максимально допустимих втрат життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження – V_0).

2. Противник (кількість загроз, реалізація яких може зірвати досягнення мети операції):

$D_{\text{рхз}}^2$ – загроза масованого застосування противником ЗМУ (зниження мобільності військ,

$S_{\text{рхз}}$ – кількість зон РХ зараження);

$D_{\text{рхз}}^3$ – загроза раптового застосування противником ЗМУ (не своєчасне оповіщення –

організація РХ спостереження);

3. Свої підрозділи:

$D_{\text{рхз}}^4$ – загроза скупчення військ в місцях подолання перешкод (розосередження –

кількість i -х підрозділів, які потрапили в k -ту зону РХ зараження – $S_{i\text{рхз}}$);

$D_{\text{рхз}}^5$ – загроза діяти в умовах РХ зараження (наявність засобів індивідуального і

колективного захисту);

$D_{\text{рхз}}^6$ – загроза потрапляння в зону потужного РХ зараження (організація РХ розвідки);

$D_{\text{рхз}}^7$ – загроза тривалого перебування (виснаження) військ у зоні РХ зараження

(організація режимно-обмежувальних заходів);

$D_{\text{рхз}}^8$ – загроза хибної оцінки боєздатності військ (організація РХ контролю);

$D_{\text{рхз}}^9$ – загроза утворення складної і тривалої РХ обстановки в заражених районах

(організація ліквідації наслідків РХ зараження);

$D_{\text{рхз}}^{10}$ – загроза обмеженої наявності сил і засобів РХБ захисту за типами.

4. Місцевість, метеорологічні умови:

$D_{\text{рхз}}^{11}$ – загроза сприятливих умов застосування ЗМУ (рельєф, рослинність, метеорологічні

умови, час року та доби) для створення необхідного ефекту уражаючих факторів.

5. Наявний час:

$D_{\text{рхз}}^{12}$ – загроза обмеження в часі по організації РХ захисту.

6. Вплив цивільного населення:

$D_{\text{рхз}}^{13}$ – загроза ураження цивільного населення, які потрапили в зону РХ зараження.

Блок 2. Обчислення ймовірного ризику досягнення мети операції щодо втрати здоров'я особового складу підрозділів в умовах РХ зараження:

$$R_{pxz} = P_{pxz} V_{pxz}, \quad (3)$$

де R_{pxz} – показник ймовірного ризику досягнення мети операції щодо втрати здоров'я особового складу підрозділів в умовах РХ зараження;
 P_{pxz} – показник імовірності РХ зараження особового складу підрозділів;
 V_{pxz} – показник можливих втрат життя і здоров'я особового складу підрозділів в умовах РХ зараження.

Субблок 2.1. Обчислення значення показника імовірності РХ зараження особового складу підрозділів.

$$P_{pxz} = \frac{\sum_{i=1}^i P_{ipxz}^j}{N_{pxz}}, \quad (4)$$

де P_{pxz} – показник імовірності РХ зараження особового складу підрозділів;
 P_{ipxz}^j – імовірність реалізації j -х загроз РХ зараження i -ї військової частини за наявною інформацією старшого начальника, даними розвідки;
 N_{pxz} – кількість i -х підрозділів де реалізуються загрози РХ зараження.

Імовірність реалізації j -х загроз РХ зараження i -го підрозділу за наявною інформацією пропонується обчислювати за формулою:

$$P_{ipxz}^j = \frac{\sum_{j=1}^j D_{ipxz}^j}{n_{ipxz}}, \quad (5)$$

де D_{ipxz}^j – кількість j -х загроз РХ зараження i -го підрозділу за даними розвідки;
 n_{ipxz} – загальна кількість визначених загроз, реалізація яких 100 % призведе до втрат особового складу i -го підрозділу в умовах РХ зараження.

Субблок 2.2. Прогнозування можливих втрат життя і здоров'я особового складу підрозділів в умовах РХ зараження:

$$V_{pxz} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{pxz}} N_{io/c}^{200} + \sum_{i=1}^{N_{pxz}} N_{io/c}^{300}}{N_{o/c}}, \quad (6)$$

де V_{pxz} – показник можливих втрат життя і здоров'я особового складу підрозділів в умовах РХ зараження;
 $N_{io/c}^{200}$ – можливі втрати життя особового складу i -го підрозділу в умовах РХ зараження;
 $N_{io/c}^{300}$ – можливі втрати здоров'я особового складу i -го підрозділу в умовах РХ зараження;
 $N_{o/c}$ – загальна кількість особового складу .
 N_{pxz} – кількість i -х підрозділів де реалізуються загрози РХ зараження.

Блок 3. Визначення необхідності організації ХБРЯ захисту підрозділів.

Проводимо порівняння значень показників ймовірного та допустимого ризиків досягнення мети завдання щодо втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження. За умови $R_{pxz} > R_0$ виникає необхідність організації додаткових заходів ХБРЯ захисту підрозділів, тому переходимо до Блоку 4. За умови $R_{pxz} \leq R_0$ необхідність у організація додаткових заходів ХБРЯ захисту військ відсутня, тому переходимо до Блоку 8.

Блок 4. Планування виконання завдань щодо зменшення ймовірного ризику досягнення мети завдання щодо втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження до значення при якому виконується умова Блоку 5.

Субблок 4.1. Зменшення ймовірності реалізації загроз РХ зараження особового складу підрозділів за рахунок зменшення кількості загроз РХ зараження кожної i -го підрозділу – $D_{irx}^j \rightarrow \min$, виходячи з (4) та (5):

$$P_{irx}^j \downarrow = \frac{\sum_{j=1}^{m \downarrow} D_{irx}^j \downarrow}{n_{зрхз}} \Rightarrow P_{рхз}^{ХБРЯ} \downarrow = \frac{\sum_{i=1}^{N_{рхз}} P_{irx}^j \downarrow}{N_{рхз}}, \quad (7)$$

Субблок 4.2. Зменшення показника можливих втрат життя і здоров'я особового складу підрозділів в умовах РХ зараження за рахунок набуття ними необхідних спроможностей ХБРЯ захисту [20] відповідно до (6):

$$V_{рхз}^{ХБРЯ} \downarrow = \frac{\sum_{i=1}^{N_{рхз}} N_{io/c}^{200} \downarrow + \sum_{i=1}^{N_{рхз}} N_{io/c}^{300} \downarrow}{N_{o/c}}, \quad (8)$$

Субблок 4.3. Обчислення ймовірного ризику досягнення мети завдання щодо втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження:

$$R_{рхз}^{ХБРЯ} = P_{рхз}^{ХБРЯ} V_{рхз}^{ХБРЯ}, \quad (9)$$

де $R_{рхз}^{ХБРЯ}$ – показник ймовірного ризику досягнення мети завдання щодо втрати здоров'я особового складу підрозділів в умовах РХ зараження після спланованих заходів ХБРЯ захисту;

$P_{рхз}^{ХБРЯ}$ – показник ймовірності РХ зараження особового складу підрозділів після спланованих заходів ХБРЯ захисту;

$V_{рхз}^{ХБРЯ}$ – показник можливих втрат життя і здоров'я особового складу підрозділів в умовах РХ зараження після спланованих заходів ХБРЯ захисту.

Блок 5. Контроль виконання умови відповідності показника ймовірного ризику після спланованих заходів ХБРЯ захисту до показника допустимого ризику досягнення мети завдання щодо втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження:

$$R_{рхз}^{ХБРЯ} \leq R_0, \quad (10)$$

За умови не виконання (10) продовжуємо зменшувати показник ймовірного ризику та повертаємось до Блоку 4. За умови виконання нерівності (10) – переходимо до Блоку 6.

Блок 6. Визначення варіантів дій за складом сил і засобів РХБ захисту та способами виконання ними завдань ХБРЯ захисту щодо: виявлення та оцінювання РХБ обстановки; підтримання живучості військ в умовах РХ зараження; ліквідації наслідків РХ зараження.

Субблок 6.1. Визначення загального обсягу завдань відповідно до РХ загроз:

$$W_{ХБРЯ} = W_{BO} + W_{ПЖ} + W_{ЛН}, \quad (11)$$

де $W_{ХБРЯ}$ – показник загального обсягу завдань ХБРЯ захисту підрозділів ;

W_{BO} – показник обсягу заходів щодо виявлення та оцінювання РХБ обстановки;

$W_{ПЖ}$ – показник обсягу заходів щодо підтримання живучості військ в умовах РХ зараження;

$W_{ЛН}$ – показник обсягу заходів щодо ліквідації наслідків РХ зараження.

Показник обсягу заходів щодо виявлення та оцінювання РХБ обстановки обчислюється за формулою:

$$W_{BO} = w_{рхр} + w_{рхк} + w_o, \quad (12)$$

де $w_{рхр}$ – показник обсягу РХ розвідки та спостереження;

$w_{рхк}$ – показник обсягу РХ контролю;

w_o – показник обсягу оцінювання РХ обстановки.

Показник обсягу заходів щодо підтримання живучості військ в умовах РХ зараження обчислюється за формулою:

$$W_{пж} = w_{оп} + w_{зйкз} + w_{роз}, \quad (13)$$

де $w_{оп}$ – показник обсягу оповіщення про зміни в РХ обстановки;

$w_{зйкз}$ – показник обсягу застосування засобів індивідуального та колективного захисту;

$w_{ро}$ – показник обсягу режимно-обмежувальних заходів.

Показник обсягу заходів щодо ліквідації наслідків РХ зараження обчислюється за формулою:

$$W_{лн} = w_{ос} + w_{овт} + w_m, \quad (14)$$

де $w_{ос}$ – показник обсягу санітарної обробки особового складу;

$w_{овт}$ – показник обсягу спеціальної обробки озброєння і військової техніки;

w_m – показник обсягу спеціальної обробки ділянок доріг, місцевості, фортифікаційних споруд.

Субблок 6.2. Визначення необхідної кількості озброєння і засобів РХБ захисту для виконання завдань, відповідно їх ТТХ [23]:

$$N_i^j = \sum_{i=1}^i \frac{\sum_{j=1}^j w_i^j}{a_i}, \quad (15)$$

де N_i^j – загальна кількість озброєння і засобів РХБ захисту i -го типу необхідних для виконання j -х заходів;

w_i^j – показник обсягу j -го заходу, який виконується i -м типом засобу РХБ захисту;

a_i – можливості i -го типу засобу РХБ захисту;

j – кількість заходів РХБ захисту;

i – кількість типів засобів РХБ захисту.

Субблок 6.3. Визначення складу батальйонної (ротної) тактичної групи РХБ захисту за n -м варіантом дій відповідно до норм забезпечення i -ми типами озброєння і засобів РХБ захисту, штатним складом:

$$K_n = \frac{\sum_{i=1}^i \frac{N_i^j}{N_i^{wm}}}{4}, \quad (16)$$

де K_n – кількість Б(Р)ТГр РХБ захисту за n -м варіантом дій:

РТГр – до 4 взводів;

БТГр – до 4 рот;

N_i^{um} – кількість озброєння і засобів РХБ захисту i -го типу відповідно до штатних норм забезпечення роти (взводу).

Блок 7. Обчислення вартості варіантів дій та вибір оптимального за критерієм мінімальної вартості (C).

Субблок 7.1. Визначаються вартісні показники варіантів дій за складом сил і засобів Б(Р)ТГр РХБ захисту $\{C_1; C_2; \dots; C_n\}$ [24]:

$$C_n = \sum_{i=1}^n N_i^n c_i, \quad (17)$$

де C_n – вартість варіанту дій за складом сил і засобів Б(Р)ТГр РХБ захисту;

c_i – вартість одного засобу РХБ захисту i -го типу;

N_i^n – загальна кількість засобів РХБ захисту i -го типу за n -м варіантом дій;

n – варіанту дій за складом сил і засобів Б(Р)ТГр РХБ захисту

Субблок 7.2. Вибір варіанта дій виконання завдань ХБРЯ захисту за критерієм мінімальної вартості $C = \min\{C_1; C_2; \dots; C_n\}$.

Блок 8. Виконання поставлених завдань.

Блок 9. Обчислення уразливості підрозділів щодо втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження після виконаних заходів ХБРЯ захисту:

$$U_{px3} = \frac{N_{yp}}{N}, \quad (18)$$

де U_{px3} – уразливість підрозділів щодо втрати життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження;

N_{yp} – кількість особового складу, які втратили життя і здоров'я в умовах РХ зараження;

N – загальна кількість особового складу.

Блок 10. Обчислення показника ефективності ХБРЯ захисту військ.

Для оцінювання показника ефективності ХБРЯ захисту військ пропонуємо використовувати як узагальнений показник ефективності – математичне очікування відверненого збитку життя і здоров'я особового складу в умовах РХ зараження, який збільшується за рахунок виконання заходів ХБРЯ захисту:

$$E_{ХБРЯ} = 1 - \frac{U_{px3}}{R_0}, \quad (19)$$

де: $E_{ХБРЯ}$ – показник ефективності ХБРЯ захисту в умовах РХ зараження;

U_{px3} – показник уразливості підрозділів щодо втрати здоров'я особовим складом підрозділів в умовах РХ зараження;

R_0 – показник допустимого ризику досягнення мети операції щодо втрати здоров'я особового складу підрозділів в умовах РХЗ.

Блок 11. Визначення показника ефективності ХБРЯ захисту в умовах РХ зараження.

Для визначення показника ефективності ХБРЯ захисту в умовах РХ зараження, за результатами проведення операції військ (сил), пропонується використовувати наступний критерій:

$$E_{ХБРЯ} = 1 - \frac{U_{px3}}{R_0} \geq 0 - \text{ЕФЕКТИВНО}; E_{ХБРЯ} = 1 - \frac{U_{px3}}{R_0} < 0 - \text{НЕ ЕФЕКТИВНО}.$$

6. Висновки

Результатом застосування запропонованої методики будуть обґрунтовані рекомендації підвищення ефективності ХБРЯ захисту до рівня, який забезпечить досягнення мети операції щодо зменшення загроз втрати здоров'я особовим складом підрозділів в умовах РХ зараження. А також, за результатами проведення операції військ (сил), надасть можливість провести аналіз ефективності ХБРЯ захисту.

Зазначені рекомендації відіграватимуть роль пропозицій для прийняття обґрунтованого рішення та розроблення ефективних планувальних і директивних оперативних документів у ході планування в частині оцінювання загроз, які можуть перешкоджати досягненню мети завдання під час планування у тому числі і за стандартами держав – членів НАТО.

У зазначеній методиці в результаті зменшення ймовірного ризику досягнення мети завдання щодо втрати здоров'я особовим складом підрозділів в умовах РХ зараження та приведення його в межі допустимого за рахунок виконання завдань ХБРЯ захисту забезпечується баланс ризиків та успішного виконання завдань, що відповідає процедурі планування за стандартами НАТО з питань управління ризиками.

На відміну від існуючих методик, в основу яких закладено обґрунтування кількості сил та засобів РХБ захисту, з відповідними тактико-технічними характеристиками, до зазначеного обсягу завдань та часу на їх виконання, у зазначеній методиці запропоновано можливість вибору варіанту виконання завдань за мінімальною вартістю, складом батальйонної (ротної) тактичної групи РХБ захисту. Дані обчислення дозволять збільшити економічний ефект спланованих заходів та підвищити керованість сил і засобів РХБ захисту що призведе до підвищення ефективності ХБРЯ захисту в умовах РХ зараження.

Таким чином, у статті висвітлено удосконалену методику оцінювання ефективності ХБРЯ захисту в умовах РХ зараження.

Методика є подальшим розвитком методичної бази оцінювання ефективності функціонування системи ХБРЯ захисту військ (сил) та основою формування практичних рекомендацій для підвищення ефективності ХБРЯ захисту в умовах РХ зараження.

Перспективами подальших досліджень є удосконалення методики оцінювання ефективності функціонування системи ХБРЯ захисту із використанням ризик-орієнтованого підходу та управління ризиками.

7. Фінансування

Civil Security

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

8. Конкуруючі інтереси

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

Список використаних джерел

1. Командування Сил підтримки Збройних Сил України. (2020). ВКП 5(3)-00(03).01. Військова керівна публікація військовим організаційним структурам з хімічного, біологічного, радіологічного та ядерного захисту військ (сил). Доктрина з хімічного, біологічного, радіологічного та

References

1. Command of the Support Forces of the Armed Forces of Ukraine. (2020). VKP 5(3)-00(03).01. Military guidance publication for military organizational structures on chemical, biological, radiological and nuclear protection of troops (forces). Doctrine of chemical, biological, radiological and nuclear protection of

- ядерного захисту військ (сил). Київ, 35 с.
2. Про Стратегію національної безпеки України": Указ Президента України від 14.09.2020 р. № 392/2020. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 14 вересня 2020 року. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/392/2020#Text> [Дата перегляду 01 лютого 2023].
 3. Про Стратегію воєнної безпеки України: Указ Президента України від 25.03.2021 р. № 121/2021. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/121/2021#Text> [Дата перегляду 01 лютого 2023].
 4. Про введення в дію Рішення колегії Міністерства оборони України: наказ Міністерства оборони України від 29.12.2020 р. № 497. Київ: Офіційний вебсайт Міністерства оборони України. URL : https://www.mil.gov.ua/content/mou_orders/mou_2020/497_nm.pdf [Дата перегляду 01 лютого 2023].
 5. Генеральний штаб Збройних Сил України (2021). ТКП 3-(00)152(03).01. Порядок "Роботи командира та штабу тактичної ланки управління з планування бою (бойових дій) за стандартними операційними процедурами НАТО" (штаб бригади (полку), батальйону та їм рівним. Київ: Центр оперативних стандартів і методики підготовки Збройних Сил України спільно з Головним управлінням доктрин та підготовки Генерального штабу Збройних Сил України, 112 с.
 6. Дівізінюк, М., Луценко, Ю., Мирошник, О., Авраменко, О., & Бас, О. (2020). Математична модель запобігання надзвичайним ситуаціям терористичного характеру шляхом виявлення замаскованих вогневих і бронетанкових засобів радіаційними приладами з літальних апаратів. *Journal of Scientific Papers "Social Development and Security"*, 10(4), 58-68. <https://doi.org/10.33445/sds.2020.10.4.5>
 - troops (forces). Kyiv, 35 p.
 2. On the National Security Strategy of Ukraine dated September 14, 2020 No. 392/2020. On the decision of the National Security and Defense Council of Ukraine dated September 14, 2020. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/392/2020#Text> [View date February 1, 2023].
 3. On the Military Security Strategy of Ukraine": Decree of the President of Ukraine dated March 25, 2021 No. 121/2021. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/121/2021#Text> [View date February 1, 2023].
 4. On the implementation of the decision of the collegium of the Ministry of Defense of Ukraine: order of the Ministry of Defense of Ukraine dated 29.12.2020 No. 497. Kyiv: Official website of the Ministry of Defense of Ukraine. Available at: https://www.mil.gov.ua/content/mou_orders/mou_2020/497_nm.pdf [Review date February 01, 2023].
 5. General Staff of the Armed Forces of Ukraine (2021). ТКП 3-(00)152(03).01. Procedure "Work of the commander and staff of the tactical control unit for battle planning (combat operations) according to NATO standard operating procedures" (brigade (regiment), battalion and equivalent headquarters. Kyiv: Center for operational standards and training methods of the Armed Forces of Ukraine together with the Main Department of Doctrine and training of the General Staff of the Armed Forces of Ukraine, 112 p.
 6. Divizinyuk, M., Lutsenko, Y., Myroshnyk, O., Avramenko, A., & Bass, O. (2020). Mathematical model of prevention of terrorist emergencies by detecting masked fire and armored vehicles with radiation devices from aircraft. *Journal of Scientific Papers "Social Development and Security"*, 10(4), 58-68. <https://doi.org/10.33445/sds.2020.10.4.5>
 7. Myroshnyk O.M., Zobenko N.V., Avramenko O.V., Polishchuk V.V. (2022).

7. Мирошник О.М., Зобенко Н.В., Авраменко О.В., Поліщук В.В. (2022). Математична модель захисту особового складу від дії отруйних речовин різного походження за рахунок нагнітання повітря і руху повітряного потоку в локальному об'ємі. *Повітряна міць України*, 1(1(2), С. 81–85.
8. Поплавець, С., Гузченко, С., Воробйов, О., Авраменко, О., & Шумейко, В. (2022). Можливий підхід щодо визначення раціонального складу сил та засобів радіаційного, хімічного, біологічного захисту для виконання заходів в умовах радіоактивного та хімічного зараження. *Journal of Scientific Papers "Social Development and Security"*, 12(5), 130-146. <https://doi.org/10.33445/sds.2022.12.5.12>
9. Vorobiov O., Savchenko V., Tkalenko O., Polonevych O., Shuklin G., Trembovetskyi M., Zaika V., Konopli-Anniykova M. (2019). Influence of the Composite Materials Nonlinear Properties with Radioisotope Inclusions on Reflected Radiation. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 8(6), p. 2716–2720.
10. Нікітін, А., Воробйов, О., Парталіян, А., Куртсеітов, Т., Романюк, В., & Івашук, О. (2022). Обґрунтування раціонального розподілу пунктів спеціальної обробки на маршрутах руху в разі зруйнування об'єкту атомної енергетики. *Journal of Scientific Papers "Social Development and Security"*, 12(4), 129-137. <https://doi.org/10.33445/sds.2022.12.4.12>
11. Chomik, M., Vavilova, N., Karaieva, N., & Yefymenko, H. (2019). Problematic issues of ecological (technogenic) safety management (regulatory aspect). *Journal of Scientific Papers "Social Development and Security"*, 9(5), 190–204. <https://doi.org/10.33445/sds.2019.9.5.13>
- Mathematical model of personnel protection against the action of poisonous substances of various origins due to air injection and air flow movement in the local volume. *Air Force of Ukraine*, 1(1(2), P. 81–85.
8. Poplavetz, S., Huzchenko, S., Vorobiov, O., Avramenko, O., & Shumeiko, V. (2022). A possible approach to determining the rational composition of forces and means of radiation, chemical, biological protection for performing measures in conditions of radioactive and chemical contamination. *Journal of Scientific Papers "Social Development and Security"*, 12(5), 130-146. <https://doi.org/10.33445/sds.2022.12.5.12>
9. Vorobiov O., Savchenko V., Tkalenko O., Polonevych O., Shuklin G., Trembovetskyi M., Zaika V., Konopli-Anniykova M. (2019). Influence of the Composite Materials Nonlinear Properties with Radioisotope Inclusions on Reflected Radiation. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 8(6), p. 2716–2720.
10. Nikitin, A., Vorobiov, O., Partalian, A., Kurtseitov, T., Romaniuk, V., & Ivashchuk, O. (2022). Rationale for the rational distribution of special processing points on traffic routes in the event of the destruction of a nuclear power facility. *Journal of Scientific Papers "Social Development and Security"*, 12(4), 129-137. <https://doi.org/10.33445/sds.2022.12.4.12>
11. Chomik, M., Vavilova, N., Karaieva, N., & Yefymenko, H. (2019). Problematic issues of ecological (technogenic) safety management (regulatory aspect). *Journal of Scientific Papers "Social Development and Security"*, 9(5), 190–204. <https://doi.org/10.33445/sds.2019.9.5.13>
12. Khomik M.M., Vavilova N.V., Yefimenko G.A. (2020). Using a risk-oriented approach when planning the use of troops (forces)

12. Хомік М.М., Вавілова Н.В., Єфіменко Г.А. (2020). Використання ризик орієнтованого підходу під час планування застосування військ (сил) Збройних Сил України при надзвичайних ситуаціях. *Журнал ДУ "ІГНС НАНУ" "Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист"*, 2(20), С. 44–55.
13. Хомік М.М., Вавілова Н.В., Єфіменко Г.А. (2021). Методичний підхід до оцінювання хімічної небезпеки при застосуванні сил оборони під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. *Збірник наукових праць НУОУ "Труди університету"*, 4(167), стор. 187–203.
14. Хомік М.М., Вавілова Н.В., Хорошилова С.Й., Єфіменко Г.А. (2021). Методичний підхід до оцінювання біологічної небезпеки при застосуванні сил оборони під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. *Збірник наукових праць ЦНДІ ОБТ ЗСУ*, 2(77), С. 438–457.
15. Chomik, M., & Havrylko, Y. (2020). The common problem of vectorial optimization in the technological safety management. *Journal of Scientific Papers "Social Development and Security"*, 10(1), 171-176. <https://doi.org/10.33445/sds.2020.10.1.17>
16. Shvaiko V., Bandurka O., Shpuryk V., Havrylko Y. (2021). Methods for detecting fires in ecosystems using low-resolution space images. *Scientific journal "Informatyka, Automatyka, Pomiar W Gospodarce I Ochronie Środowiska"*, 11(1). p. 15–19.
17. Pysmenny Y., Havrylko Y., Krukovskyi P., Starovit I., Diadiushko Y. (2022). Розробка спеціального програмного математичного забезпечення управління вентиляційними установками нового безпечного конфайнменту ЧАЕС. *Ядерна та радіаційна безпека*, 2 (94). С. 35–43.
18. Подліпаєв В., Шумейко В., Атрасевич О. (2019) Створення мобільної of the Armed Forces of Ukraine in emergency situations. *Journal of the "IGNS of the National Academy of Sciences of the National Academy of Sciences" "Technogenetic-ecological safety and civil protection"*, 2(20), p. 44–55.
13. Khomik M.M., Vavilova N.V., Yefimenko G.A. (2021). A methodical approach to the assessment of chemical hazards during the use of defense forces during the liquidation of the consequences of emergency situations. *Collection of scientific works of the NUOU "Works of the University"*, 4(167), p. 187–203.
14. Khomik M.M., Vavilova N.V., Khoroshilova S.Y., Yefimenko G.A. (2021). A methodical approach to the assessment of biological danger during the use of defense forces during the liquidation of the consequences of emergency situations. *Collection of scientific works of the Center for Scientific Research of the Ukrainian Academy of Sciences of the Armed Forces of Ukraine*, 2(77), p. 438–457.
15. Chomik, M., & Havrylko, Y. (2020). The common problem of vectorial optimization in the technological safety management. *Journal of Scientific Papers "Social Development and Security"*, 10(1), 171-176. <https://doi.org/10.33445/sds.2020.10.1.17>
16. Shvaiko V., Bandurka O., Shpuryk V., Havrylko Y. (2021). Methods for detecting fires in ecosystems using low-resolution space images. *Scientific journal "Informatyka, Automatyka, Pomiar W Gospodarce I Ochronie Środowiska"*, 11(1). p. 15–19.
17. Pysmenny Y., Havrylko Y., Krukovskyi P., Starovit I., Diadiushko Y. (2022). Development of special mathematical software for controlling the ventilation units of the new safe confinement of the Chernobyl Nuclear Power Plant. *Nuclear and radiation safety*, 2 (94). p. 35–43.
18. Podlipaev V., Shumeiko V., Atrasevich O. (2019) Creation of a mobile automated system for collecting geospatial data and conducting geospatial analysis to solve

- автоматизованої системи збору геопросторових даних та ведення геопросторового аналізу для вирішення завдань національної безпеки і оборони. Наукове фахове видання "Системи управління, навігації та зв'язку", 1 (53). С. 27–32.
19. Триснюк В.М., Шумейко В.О., Триснюк Т.В., Марущак В.М. (2022). Моніторинг радіоактивного забруднення місцевості та ліквідації наслідків природних та техногенних катастроф. Екологічна безпека та природокористування, 2 (42). С. 35–46.
 20. Department of the Army. (1998). FM 100-14, Risk Management, 23 April 1998, Washington, 72. URL : https://archive.org/stream/milmanual-fm-100-14-risk-management/fm_100-14_risk_management_djvu.txt.
 21. Мещеряков І.С., Хомік М.М., Мацько А.В., Нагорний Є.І. (2022). Функціонування системи ХБРЯ захисту у ході широкомасштабної збройної агресії РФ проти України. Щоквартальний науково-практичний журнал "Український журнал військової медицини", 4. 2022, Т.3. С. 60–66.
 22. Міністерство оборони України (2019). Єдиний перелік (каталог) спроможностей Міністерства оборони України Збройних Сил України та інших складових сил оборони. 618 с.
 23. Мірненко В.І., Авраменко О.В., Диптан В.П., Коршець О.А. (2019). Основи моделювання у сфері озброєння та військової техніки. Київ: НУОУ, 280 с.
 24. Мірненко В.І., Авраменко О.В., Диптан В.П., Коршець О.А. (2019). Теоретичні основи воєнно-наукових досліджень у сфері озброєння та військової техніки. Київ: НУОУ, 160 с.
 - national security and defense tasks. *Scientific publication "Control, navigation and communication systems"*, 1 (53). p. 27–32.
 19. Trysnyuk V.M., Shumeiko V.O., Trysnyuk T.V., Marushchak V.M. (2022). Monitoring of radioactive contamination of the area and liquidation of the consequences of natural and man-made disasters. *Ecological safety and nature management*, 2 (42). p. 35–46.
 20. Department of the Army. (1998). FM 100-14, Risk Management, 23 April 1998, Washington, 72 p. Available from : https://archive.org/stream/milmanual-fm-100-14-risk-management/fm_100-14_risk_management_djvu.txt.
 21. Meshcheryakov I.S., Khomik M.M., Matsko A.V., Nagornyi E.I. (2022). Functioning of the CBRN defense system during the large-scale armed aggression of the Russian Federation against Ukraine. *Quarterly scientific and practical journal "Ukrainian Journal of Military Medicine"*, 4.2022, Volume 3. p. 60–66.
 22. Ministry of Defense of Ukraine (2019). The only list (catalogue) of the capabilities of the Ministry of Defense of Ukraine, the Armed Forces of Ukraine and other components of the defense forces. 618 p.
 23. Mirnenko V.I., Avramenko O.V., Dyptan V.P., Korshets O.A. (2019). *Basics of modeling in the field of weapons and military equipment*. Kyiv: NUOU, 280 p.
 24. Mirnenko V.I., Avramenko O.V., Dyptan V.P., Korshets O.A. (2019). Theoretical foundations of military-scientific research in the field of weapons and military equipment. Kyiv: NUOU, 160 p.