

# Методика обґрунтування технічного обрису перспективних засобів (комплексів) розмінування

## Methodology for substantiating the technical outline of promising demining means (complexes)

**Володимир Кривцун**<sup>A</sup>

**Corresponding author:** к.тех.н., с.н.с., докторант штатний, e-mail: vik-08-74@i.ua, ORCID: 0000-0002-3907-5320

**Олександр Купріненко**<sup>A</sup>

д. тех.н., професор., професор кафедри, e-mail: kuprinenko@ukr.net, ORCID: 0000-0001-6692-0959

**Volodymyr Krivtsun**<sup>A</sup>

**Corresponding author:** PhD of Technical Sciences, Senior Researcher, Full-Time Doctoral Student, e-mail: vik-08-74@i.ua, ORCID: 0000-0002-3907-5320

**Oleksandr Kuprinenko**<sup>A</sup>

Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Professor of the Department, e-mail: kuprinenko@ukr.net, ORCID: 0000-0001-6692-0959

<sup>A</sup> Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, Україна

<sup>A</sup> Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Lviv, Ukraine

Received: June 15, 2024 | Revised: June 25, 2024 | Accepted: June 30, 2024

DOI: 10.33445/sds.2024.14.3.19

**Мета роботи:** розробка методики обґрунтування технічного обрису перспективних дистанційно-керованих (роботизованих) засобів (комплексів) розмінування.

**Метод дослідження:** системний аналіз, порівняння формалізації та оцінювання експертних даних, нечітких нейронних мереж (гібридних мереж).

**Результати дослідження:** запропонована методика, на відміну від існуючих, дозволяє враховувати особливості виконання завдань з розмінування дистанційно-керованими (роботизованими) засобами (комплексами) розмінування з урахуванням умов їх застосування під час ведення бойових дій та обґрунтувати їх технічний обрис з урахуванням досвіду розробки озброєння та військової техніки, а також дорожньо-кліматичних умов України.

**Теоретична цінність дослідження:** методика обґрунтування технічного обрису перспективних дистанційно-керованих (роботизованих) засобів (комплексів) розмінування дозволяє обґрунтувати параметри перспективних засобів (комплексів) розмінування.

**Тип статті:** описова та дослідницька.

**Ключові слова:** вибухонебезпечні предмети, наземні безпілотні системи розмінування, дистанційно-керовані (роботизовані) засоби (комплекси) розмінування, технічний обрис.

**Purpose:** to develop a methodology for substantiating the technical outline of promising remotely operated (robotic) demining equipment (complexes).

**Research method:** system analysis, comparison of formalization and evaluation of expert data, fuzzy neural networks (hybrid networks).

**Results of the study:** the proposed methodology, unlike the existing ones, allows taking into account the peculiarities of performing demining tasks by remotely controlled (robotic) demining means (complexes), taking into account the conditions of their use during hostilities and substantiating their technical outline, taking into account the experience of developing weapons and military equipment, as well as the road and climatic conditions of Ukraine.

**Theoretical value of the research:** the methodology for substantiating the technical outline of advanced remotely controlled (robotic) demining means (complexes) allows to substantiate the parameters of advanced demining means (complexes).

**Type of article:** descriptive and research.

**Key words:** explosive ordnance, ground-based unmanned demining systems, remotely operated (robotic) demining means (complexes), technical outline.

### Вступ

Досвід воєнних конфліктів останніх десятиріч та війни РФ проти України свідчить про суттєве зростання ролі мінної зброї на полі бою. Відносна дешевизна мінної зброї та достатньо висока їх ефективність призводить до широкомасштабного застосування мінно-вибухових загороджень (МВЗ), які суттєво перешкоджають веденню наступальних операцій та призводять до суттєвих втрат в бойовій та іншій техніці, а також особового складу [1]. Так, за оцінкою загальних втрат як противника так і наших підрозділів їх доля на МВЗ складає біля 20%, що є вагомим аргументом ефективності таких загороджень. Окрім стандартних інженерних боєприпасів противник широко застосовує і саморобні вибухові пристрої (СВП). Не менш небезпечним є забруднення

територій, де ведуться активні бойові дії артилерійськими, авіаційними, стрілецькими боєприпасами, які не вибухнули [2].

Необхідно зауважити, що під час виконання завдань з розмінування (розвідки місцевості на наявність вибухонебезпечних предметів (ВНП), встановлення характеристик МВЗ, пророблення проходів в інженерних загородженнях, суцільного розмінування) через застарілість та брак існуючих механізованих засобів розмінування, а також обмежену допомогу в таких засобах з боку країн партнерів, ручний спосіб виконання завдань з розмінування залишається основним. Крім того, під час виконання бойових завдань з розмінування групи розмінування та їх засоби механізації є першочерговими цілями для противника. Таким чином, перелічені вище особливості виконання завдань з розмінування свідчать про ступінь небезпеки під час виконання завдань груп розмінування.

Враховуючи проблему розмінування забруднених територій ВНП, а також необхідності забезпечення безпеки саперів як під час ведення бойових так і при гуманітарному розмінуванні в світі і в Україні дані проблемі приділяється достатньо велика увага [2-4]. На сьогоднішній день намітилась стійка тенденція щодо створення безпілотних систем розмінування. Заміна людини на полі бою або в умовах великої небезпеки (заміновані території) дозволить підвищити ефективність виконання завдань та забезпечити необхідну безпеку процесів розмінування. Проте, не зважаючи на наявність в світі і Україні розробок безпілотних систем розмінування, на сьогоднішній день досить гостро стоїть питання щодо функціонування таких систем в умовах ведення бойових дій. Зазначені обставини вимагають пошуку шляхів щодо обґрунтування технічного обрисів наземних безпілотних систем розмінування, зокрема дистанційно-керованих (роботизованих) засобів (комплексів) розмінування (ДКРЗКР).

### ***Теоретичні основи дослідження***

Розробці перспективних систем озброєння і військової техніки, зокрема і безпілотних систем, різного призначення присвячено достатньо багато праць [5-18]. Вони мають інноваційний характер та спрямовані на створення нових властивостей різних типів озброєння та військової техніки. Існуючі науково-методичні підходи до створення ДКРЗКР [13,14] носять частковий характер і направлені в основному для вирішення окремих завдань з розмінування, підвищення функціональної ефективності пошукового обладнання ВНП та різноманітних засобів знищення ВНП. В роботі [14] наведений підхід до формування технічного обрисів зразка та методики комплексного обґрунтування вимог до спеціального обладнання роботехнічного комплексу розмінування. Проте, зазначений підхід має загальний характер та не враховує ряд факторів, що впливають на ефективність та безпеку процесів розмінування, зокрема умови впливу противника.

Таким чином, **метою статті** є розробка методики обґрунтування технічного обрисів перспективних ДКРЗКР.

### ***Постановка проблеми***

Виходячи з аналізу існуючих на теперішній час розробок, теоретичних досліджень, питанню обґрунтування технічного обрисів безпілотних систем розмінування присвячено недостатньо уваги. Враховуючи актуальність питання створення перспективних засобів (комплексів) розмінування, якими являються безпілотні системи розмінування, виникла необхідність створення методики обґрунтування технічного обрисів перспективних ДКРЗКР. Для її створення необхідно дослідити питання функціонування засобів (комплексів) розмінування під час виконання завдань в різних умовах з використанням методів експертних оцінок, нечітких нейронних мереж (гібридних мереж). Запропонована методика дозволить обґрунтувати параметри перспективних засобів (комплексів) розмінування.

## Результати

З метою підвищення ефективності функціонування системи розмінування та забезпечення необхідного рівня безпеки процесів розмінування в різних умовах застосування сил та засобів розмінування в роботі [19] запропоновано концептуальний підхід до формування перспективної системи розмінування. Сутність новизни запропонованої концепції полягає не в нарощуванні тактико-технічних характеристик окремих типів засобів (комплексів) розмінування (ЗКР) (створення багатофункціональних високовартісних ЗКР), а в створенні сукупності взаємодоповнюючих ЗКР, склад якої та характеристики засобів, що до неї входять, можуть змінюватись відповідно до бойових (гуманітарних) завдань, які вирішуються. Підвищення ефективності бойового застосування системи розмінування забезпечується наданням їй нових властивостей та досягнення якісної переваги за рахунок раціонального поєднання екіпажних та безпілотних систем розмінування (дистанційно-керованих (роботизованих) засобів (комплексів) розмінування), останні з яких в майбутньому повинні зайняти провідне місце.

Як правило, під час обґрунтування технічного обриса перспективних зразків ОВТ розглядаються вже існуючі зразки. Проте, ДКРЗКР є новим видом ОВТ і на сьогоднішній день прийнятих на озброєння вітчизняних зразків не має, а надані країнами партнерами зразки можливо використовувати лише під час гуманітарного розмінування. Таким чином, обґрунтування технічного обриса ДКРЗКР пропонується проводити з урахуванням досвіду ведення війни рф проти України та вимог, які висуваються до них в цих умовах.

Отже, під технічним обрисом ДКРЗКР будемо розуміти його концептуальне подання, що відображає структуру, принципи побудови і функціонування, сукупність характеристик і параметрів, які визначають його бойові (функціональні) властивості та здатність до виконання завдань, що на нього покладаються [6, 7, 11]. Створення нових ДКРЗКР через відсутність відомих алгоритмів прямого синтезу складних технічних систем можлива за рахунок ітераційного процесу аналізу різних варіантів проектних альтернатив, який складається з декількох етапів [19]:

- визначення мети розробки;

- обґрунтування концепцій та синтез проектних гіпотез технічного вигляду перспективних ЗКР;

- побудова моделей функціонування ЗКР;

- побудова та дослідження моделей функціонування ЗКР;

- аналіз отриманих результатів та обґрунтування пропозицій.

Для обґрунтування технічного обліку перспективних ДКРЗКР в роботі пропонується методика, яка наведена на рис. 1.

Запропонована методика обґрунтування технічного обриса перспективних ДКРЗКР передбачає отримання ряду вихідних даних: необхідного обладнання для виконання завдань з розмінування; необхідного рівня захисту ДКРЗКР на думку фахівців, а також робочої та транспортної швидкостей, достатніх для забезпечення заданої ефективності виконання завдань з розмінування.

Для отримання вихідних даних обґрунтовуються типові завдання з розмінування з врахуванням факторів, що впливають на ефективність їх виконання, а саме характеристик ВВП та способів їх застосування, тактики влаштування противником МВЗ та вплив його вогневих засобів на виконання завдань з розмінування. Урахування особливостей застосування ДКРЗКР в нових умовах вимагає уточнення вимог до цих засобів. Аналіз конфліктів останніх десятиліть та війни рф проти України показує, що нові ДКРЗКР повинні відповідати наступним вимогам:

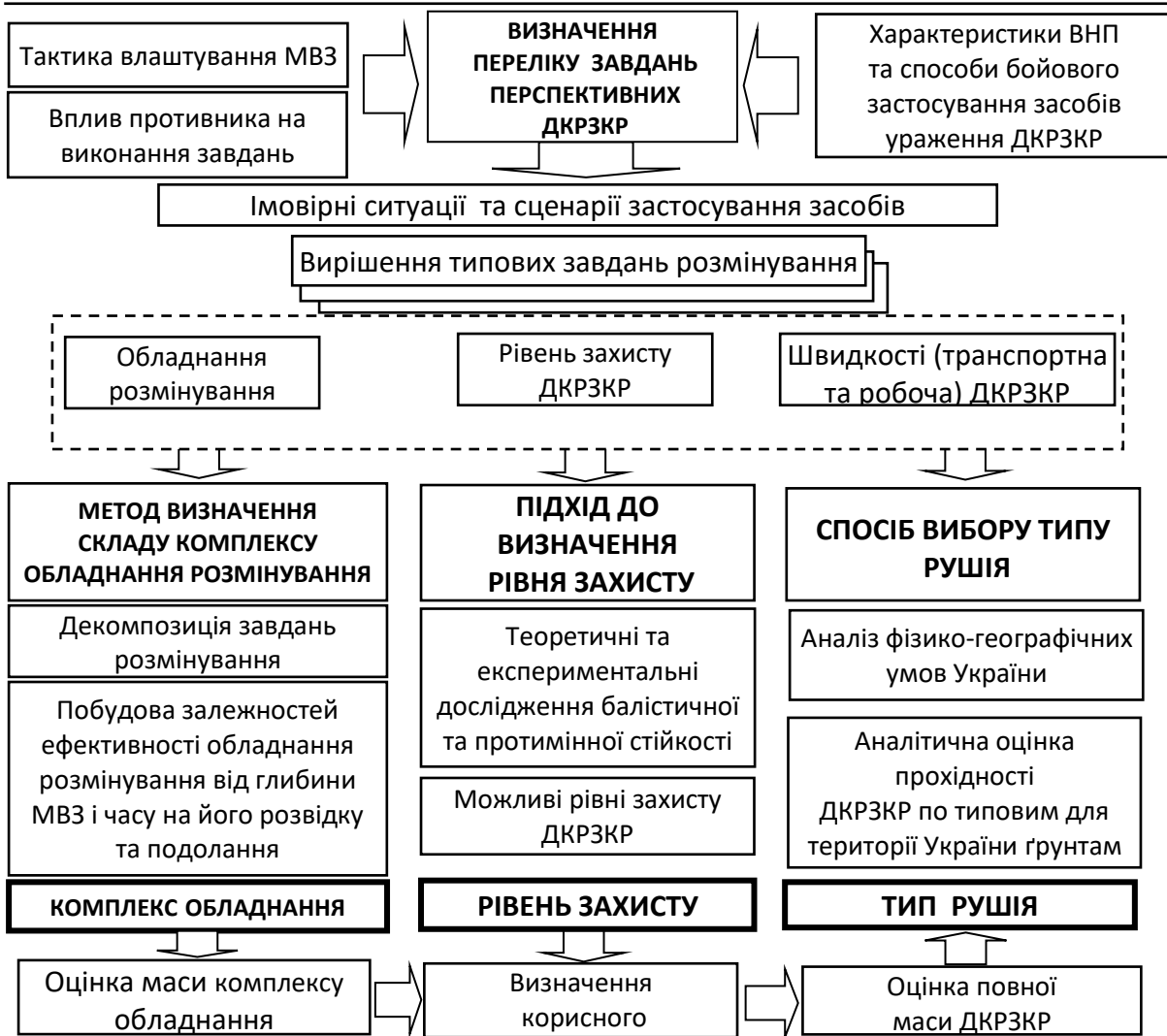


Рисунок 1 – Структурна схема методики обґрунтування технічних обрисів перспективних ДКРЗКР

Для отримання вихідних даних обґрунтовуються типові завдання з розмінування з врахуванням факторів, що впливають на ефективність їх виконання, а саме характеристик ВВП та способів їх застосування, тактики влаштування противником МВЗ та вплив його вогневих засобів на виконання завдань з розмінування. Урахування особливостей застосування ДКРЗКР в нових умовах вимагає уточнення вимог до цих засобів. Аналіз конфліктів останніх десятиліть та війни РФ проти України показує, що нові ДКРЗКР повинні відповідати наступним вимогам:

1. Мати обладнання для проведення розвідки місцевості та об'єктів на наявність ВВП, знищення (знешкодження) ВВП, пророблення проходів в МВЗ противника, суцільного розмінування, маркування виявленого ВВП та проробленого проходу в МВЗ.

2. Виявляти та знищувати (знешкоджувати) усі типи протипіхотних (ППМ) і протитанкових мін (ПТМ), артилерійські і реактивні снаряди, авіаційний боєприпаси, гранати, фугаси, саморобні вибухові пристрої з вмістом металевих елементів та без них.

3. Мати рівень захисту від засобів ураження противника та дії вибуху ВВП в залежності від специфіки виконання завдань та маси зразка розмінування – балістичний, протимінний.

4. Імовірність виявлення та знищення ВВП – не менше 0,95 в умовах ведення бойових дій, 0,996 - під час гуманітарного розмінування.

5. Умови застосування - на середньо-пересіченій місцевості, при температурі від -40 °C до +50 °C, у тому числі при обмеженнях і неможливості застосування екіпажних засобів

розмінування.

6. Мати захищене від засобів РЕБ дистанційне керування - по дротах або радіоканалу.

7. Дальність дистанційного керування – не менше 500 м.

8. Мати високий рівень безпеки застосування.

Враховуючи те, що ЗКР є першочерговими цілями для противника, ще однією вимогою повинна стати низька вартість таких засобів. Зазначеного можна досягти за рахунок відмови від комплексування обладнання розмінування в одному зразку та технологічно спрощеного виконання та модульного принципу проектування.

Необхідно зауважити, що традиційна тактика влаштування МВЗ передбачала щільність мінування перед переднім краєм оборони противника 1,0, що відповідало мінному полю глибиною до 100 м [20]. Це відповідало концепції розробки ЗКР на той період. Крім того, всі засоби механізації подолання МВЗ були екіпажні. В першу чергу це було пов'язано із можливостями засобів ураження противника.

Проте, досвід ведення війни РФ проти України показує суттєву зміну тактики влаштування МВЗ противником. Так, щільність мінування перед переднім краєм оборони зросла в 2-2,5 рази, а точність ураження ЗКР вогневыми засобами противника, за рахунок високоточних боєприпасів та застосування ударних безпілотних літальних апаратів, збільшилась до 0-5 м. Внаслідок цього збільшились втрати високовартісних ЗКР (типу WICENT-1, M-1150 тощо), які надані країнами-партнерами, темп наступу наших підрозділів знизився в 5-7 разів, а частка втрат техніки та особового складу інших підрозділів на інженерних боєприпасах в загальному вогневому ураженні збільшилась до 20-25%. Такий стан справ призвів ще до одного негативного наслідку – відмови виконання завдань розрахунками ЗКР. Отже, виникла нагальна проблема підвищення ефективності застосування ЗКР та забезпечення безпеки групам розмінування.

Таким чином, після визначення імовірних ситуацій та сценаріїв застосування засобів розмінування відокремлюються типові ситуації, які є базовими для визначення технічного обліку ДКРЗКР.

Для вирішення типової ситуації з розмінування проводиться опитування фахівців, оцінки яких будуть вихідними даними для формування технічного обрисів перспективних ДКРЗКР для відповідної ситуації застосування наявних ЗКР.

Метою проведення експертного опитування було визначення:

- робочого обладнання ДКРЗКР, необхідного для виконання типових завдань розмінування;

- швидкості ДКРЗКР під час виконання типових завдань з розмінування (транспортної, робочої під час подолання МВЗ противника та під час суцільного гуманітарного розмінування), які достатні для виконання бойових та інших завдань у визначених умовах застосування;

- тип рушія базової платформи для різних ДКРЗКР;

- необхідного, на думку фахівців, рівня захисту ЗКР, зокрема різних типів ДКРЗКР.

Заключний етап методики (рис.1) обґрунтування технічних обрисів перспективних ДКРЗКР передбачає:

- визначення складу обладнання розмінування ДКРЗКР;

- оцінку ефективності обладнання розмінування ДКРЗКР;

- оцінку маси комплексу обладнання розмінування з метою подальшого визначення корисного навантаження ДКРЗКР;

- обґрунтування рівня захисту перспективних ДКРЗКР;

- оцінка повної маси ДКРЗКР;

- вибір типу рушія.

Розглянемо більш детально заключний етап методики.

1. Визначення складу обладнання розмінування ДКРЗКР.

В якості критерію вибору обладнання для розмінування прийнято мінімальний час на розвідку (подолання) МВЗ у визначених умовах, який визначає необхідний рівень ефективності ДКРЗКР. Змістовна постановка задачі визначення складу обладнання розмінування ДКРЗКР полягає у пошуку мінімально необхідного обладнання певного виду, яке б забезпечувало вирішення усього переліку завдань ДКРЗКР з розвідки або подолання МВЗ з необхідним рівнем бойової ефективності в заданих умовах.

Формалізована постановка цієї задачі може бути представлена у вигляді:

$$\{N_i\}^* = \operatorname{argmin}_{N_i \in N} \left[ \sum_{i=1}^n N_i \cdot T_i \right], \quad (1)$$

де  $\{N_i\}^*$  – мінімально необхідна кількість обладнання розмінування ДКРЗКР;  
 $N_i$  – можливий варіант обладнання ДКРЗКР;  
 $N$  – множина можливих варіантів обладнання ДКРЗКР;  
 $T_i$  – час на виконання завдання  $i$ -м обладнанням ДКРЗКР.

При цьому складність вирішення задачі визначення складу обладнання розмінування ДКРЗКР полягає у:

багатоманітності завдань, що покладаються на ДКРЗКР, та неоднозначності їх вирішення. Багатоманітність обумовлюється необхідністю в різноманітному обладнанні розмінування в умовах різної обстановки мінної небезпеки. Неоднозначність вирішення завдань полягає у можливості виконання завдання різним обладнанням;

різноманітності умов виконання завдань, які визначаються протидією противника та впливом зовнішнього середовища;

невизначеності значень корисного навантаження (вантажопідйомності) можливих типів ДКРЗКР, на яких буде встановлено обладнання для розмінування.

Для часткового розв'язання зазначених труднощів виникає необхідність систематизації перспективних ДКРЗКР у вигляді класифікації, яка запропонована в [21].

2. Оцінка ефективності обладнання розмінування ДКРЗКР. З урахуванням запропонованої в [21] класифікації ДКРЗКР визначення складу комплексу обладнання розмінування перспективних ЗКР пропонується проводити поетапно (рис.2.).

На першому етапі на основі вирішення типових тактичних задач, які є описом типових ситуацій бойового застосування ДКРЗКР, визначаються вихідні дані: обладнання для розвідки і подолання МВЗ противника та середній час на виконання завдань з розмінування (розвідки, суцільного розмінування).

На другому етапі загальний перелік обладнання поділяється за зонами застосування ДКРЗКР: перелік обладнання зони безпосереднього зіткнення з противником та перелік озброєння зони за межами зіткнення з противником. На цьому ж етапі для подолання невизначеності значень корисного навантаження (вантажопідйомності) перспективних ДКРЗКР, на яких будуть встановлені обладнання для розмінування, отримані переліки обладнання діляться на можливі діапазони їх мас (легких, середніх, важких, надважких ДКРЗКР). В результаті поділу отриманих переліків обладнання на можливі діапазони мас виникає декілька можливих варіантів обладнання в кожному діапазоні. Основною причиною цього є неоднозначність вибору серед декількох переліків обладнання. Отже, виникає задача вибору обладнання, що характеризується неоднозначністю вирішення. Це приводить до значних математичних труднощів під час її формалізації. Зазначена задача вирішується на третьому етапі.

За результатами проведеного аналізу особливостей поставленої задачі встановлено, що процес вибору обладнання є статистично нестійким. Зазначені обставини не дозволяють коректно використовувати для вирішення задачі вибору озброєння методи теорії ймовірностей та математичної статистики [22].

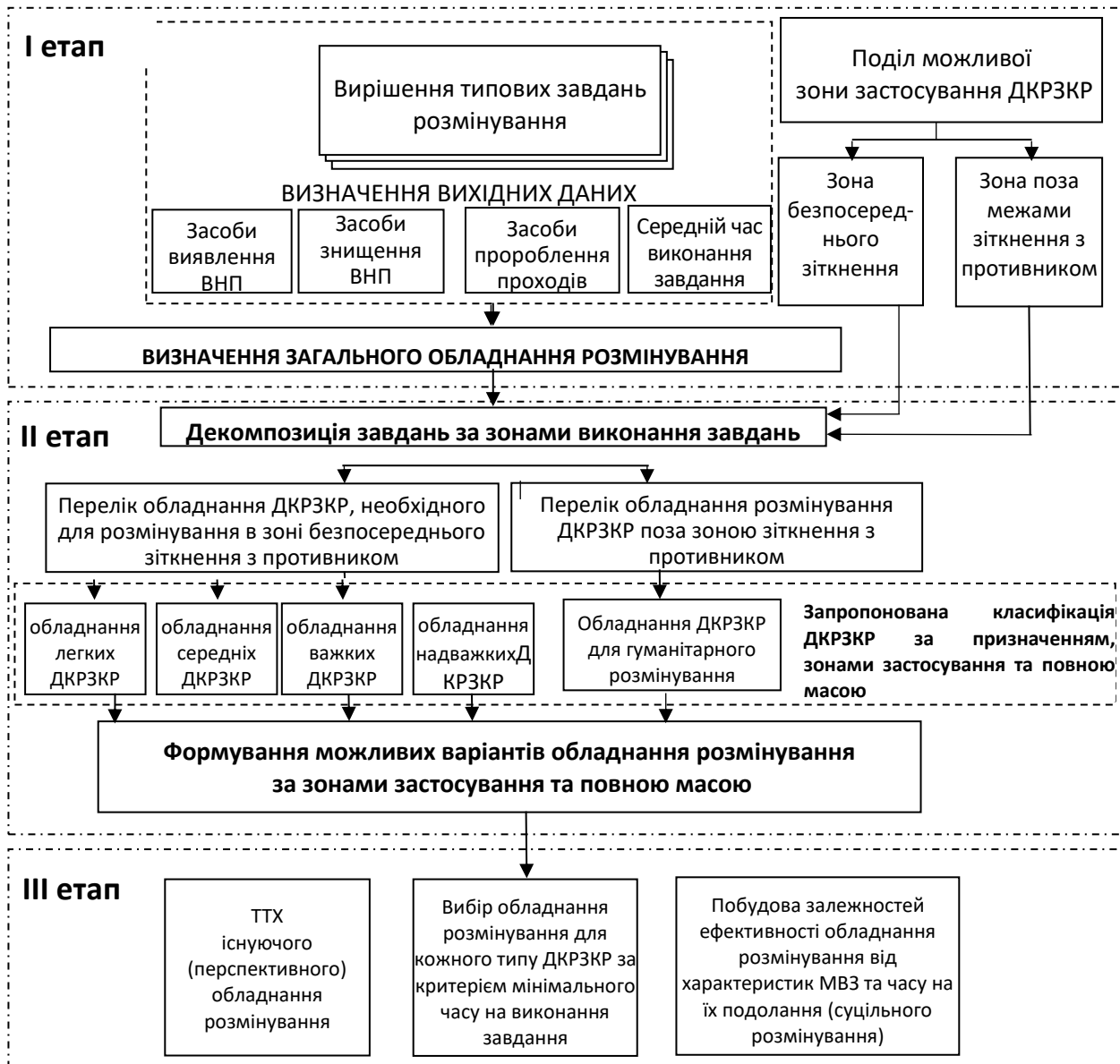


Рисунок 2 – Структурна схема визначення складу обладнання розмінування перспективних ДКРЗКР

Тому для опису процесу вибору обладнання використано математичний апарат нечітких нейронних мереж (гібридних мереж), в яких висновки робляться на основі апарату нечіткої логіки, а параметри відповідних функції належності налаштовуються з використанням алгоритмів навчання нейронних мереж [23].

Для вибору основного обладнання будується гібридна мережа, в основі якої лежить база знань, представлена нечіткими продукційними правилами типу “ЯКЩО – ТО”. База знань формується для одного виду обладнання за результатами експертного опитування. В табл. 1 наведено базу знань для оцінки ефективності колійного мінного тралу обладнання для виявлення ВВП.

**Таблиця 1 – База знань для оцінки ефективності подолання протитанкового мінного поля колійним мінним тралом**

	Глибина протитанкового мінного поля, м		Середній час на подолання мінного поля, с		Ефективність Обладнання розмінування
	ЯКЩО		300-350		ТА
300-350		100 с	низька		
300-350		90 с	середня		
300-350		85 с	висока		
300-350		80 с	висока		
200-250		80 с	низька		
200-250		75 с	низька		
200-250		65 с	середня		
200-250		60 с	висока		
200-250		50 с	висока		
80-100		40 с	низька		
80-100		35 с	низька		
80-100		30 с	середня		
80-100		25 с	середня		
80-100		20 с	висока		

Структуру створеної гібридної мережі для зазначеної вище бази знань наведено на рис. 3.

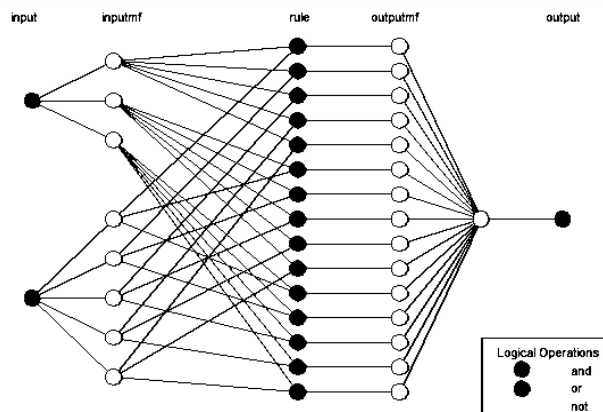


Рисунок 3 – Структура побудованої гібридної мережі

Формалізацію значень змінних “глибина мінного поля” та “середній час на подолання мінного поля” проведено Гаусовими функціями належності. Вибір зазначених форм функцій належності обумовлюється тим, що вони дозволяють враховувати вид експертних оцінок, характеризуються достатньою гнучкістю та простотою.

Використовуючи можливості пакету Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB 9.3.0. побудовано залежність ефективності колійного мінного тралу від глибини протитанкового мінного поля та часу на його подолання в заданих умовах (рис. 4).

3. Обґрунтування рівня захисту перспективних ЗКР. За результатами вирішення типових завдань розмінування визначається необхідний, на думку фахівців, рівень захисту ДКРЗКР. Разом з тим з урахуванням досягнутого рівня розвитку засобів ураження та захисту визначаються можливі рівні захисту ДКРЗКР (табл.1).

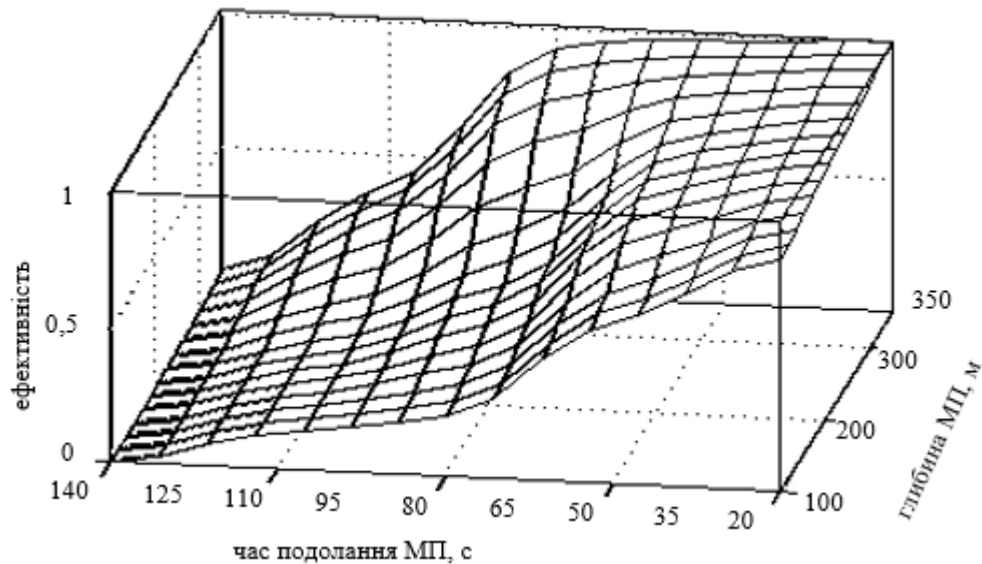


Рисунок 4 – Залежність ефективності колійного мінного тралу від глибини мінного поля та часу на його подолання в заданих умовах.

**Таблиця 1 – Пропозиції щодо рівня захисту перспективних ДКРЗКР**

Група (клас) ДКРЗКР	Маса, кг	Рівень захисту	Рівень захисту згідно STANAG 4569
Легкі	до 50	-	-
Середні	50-1500	балістичний	Level 1
Важкі	1500-20 000	балістичний протимінний	Level 3 3b
Надважкі	більше 20 000	балістичний протимінний	Level 5 4b

Отже, рівень захисту ДКРЗКР в першу чергу буде залежати від специфіки та умов виконання завдань, а також вартості засобу. Враховуючи, що ДКРЗКР є безпілотними, для зниження вартості їх виробництва можливе зниження вимог до рівня захисту ДКРЗКР з метою масовості їх застосування.

4. Оцінка повної маси ДКРЗКР проводиться з урахуванням маси базового шасі (платформи), маси робочого обладнання та рівня захисту. Використовуючи отримані оцінки маси комплексу обладнання розмінування та визначений рівень захисту ДКРЗКР корисне навантаження визначається за найбільшим значенням маси комплексу обладнання розмінування для ДКРЗКР з однаковим рівнем захисту. Оцінка повної маси ДКРЗКР проводиться за визначеними значеннями корисного навантаження та рівня захисту на підставі аналізу існуючих засобів розмінування (приклад наведено в табл. 2).

5. Вибір типу рушія. Досвід війни РФ проти України показує, що ДКРЗКР повинні бути максимально пристосовані до виконання завдань з розмінування в усіх дорожньо-кліматичних умовах України. Додатково необхідно звернути увагу на врахування особливостей взаємодії машин із зовнішнім середовищем, зокрема, врахування опору переміщення (виконання завдань) різними видами рослинності.

**Таблиця 2 – Визначення корисного навантаження та повної маси ДКРЗКР (приклад)**

Оцінка маси комплексу обладнання розмінування, т	Рівень захисту	Корисне навантаження, т	Повна маса, т
8,0	5	10	50
9,5	5		
3,0	3	3,5	18
1	3	1	6
0,5	3		
1,5	3	2,5	15
2,5	3		
3,5	5	4	20
2,5	5		
4	5		

Розроблена методика дозволяє визначити значення основних параметрів для запропонованої в [21] класифікації перспективних ДКРЗКР, упорядкованих за значеннями головного параметру - повної маси з урахуванням корисного навантаження та необхідно рівня захисту ДКРЗКР (табл. 3).

**Таблиця 3 – Запропоновані параметри ДКРЗКР**

Параметри	ДКРЗКР			
	Легкі (до 50 кг)	Середні (50-1500 кг)	Важкі (1500-20000 кг)	Надважкі (понад 20000 кг)
Корисне навантаження, кг	до 10	10-300	300-4000	понад 4000
Рівень захисту	-	1	3	5
Повна маса, кг	50	до 1500	до 20000	понад 20000
Тип рушія	колісний/ гусеничний	колісний/ гусеничний	колісний/ гусеничний	гусеничний

Необхідно зауважити, що середні ДКРЗКР, які виконують завдання з інженерного супроводу руху колон військ повинні бути з колісним рушієм.

### **Висновки**

Запропонована методика, на відміну від існуючих, дозволяє враховувати особливості виконання завдань з розмінування ДКРЗКР з урахуванням умов їх застосування під час ведення бойових дій та обґрунтовувати їх технічний обрис з урахуванням досвіду розробки озброєння та військової техніки, а також дорожньо-кліматичних умов України. Напрямоком подальших досліджень є оцінка ефективності застосування запропонованих перспективних ЗКР.

### **Фінансування**

Це дослідження не отримало конкретної фінансової підтримки.

### **Конкуруючі інтереси**

Автори заявляють, що у них немає конкуруючих інтересів.

**Список використаних джерел**

1. General Valery Zaluzhny admits the war is at a stalemate. Ukraine's commander-in-chief on the breakthrough he needs to beat Russia URL: <https://www.economist.com/europe/2023/11/01/ukraines-commander-in-chief-on-the-breakthrough-he-needs-to-beat-russia> (дата звернення: 17.02.2024).
2. Горбулін В.П. Світова глобальна проблема розмінування: український вектор. *Вісник НАН України*. 2022. №2. С. 3-13. <https://doi.org/10.15407/visn2022.02.003> (дата звернення: 17.02.2024).
3. Landminen faktenblatt. URL: [https://www.handicap-international.de/sn\\_uploads/de/document/Faktenblatt\\_2023\\_Final.pdf?utm\\_source=brevio&utm\\_campaign=Presse\\_Landminen-Monitor%202023-Monitor\\_131124&utm\\_medium=email](https://www.handicap-international.de/sn_uploads/de/document/Faktenblatt_2023_Final.pdf?utm_source=brevio&utm_campaign=Presse_Landminen-Monitor%202023-Monitor_131124&utm_medium=email) (дата звернення: 17.02.2024).
4. Landmine Monitor 2023 [EN/AR] – World. [Landmine Monitor 2023 \[EN/AR\] - World | ReliefWeb](#) (дата звернення: 17.02.2024).
5. Засади розвитку роботизованих систем в Збройних Силах України: монографія / [В. Ф. Залужний, С. О. Шаптала, В. В. Коваль, В. М. Назаров, Р. В. Грищук, С. М. Баранов, О. М. Семененко, С. М. Островський]; за заг. ред. проф. О. М. Семененка. – К.: 7БЦ, 2023. – 348 с.
6. Системно-концептуальні основи і елементи методології формування оперативно-тактичних і тактико-технічних вимог, що пред'являються до перспективних зразків озброєння і військової техніки та зразків, що модернізуються / Д. А. Гриб, Б. О. Демідов, М. В. Науменко // Системи озброєння і військова техніка. – 2009. – № 2. – С. 65-73.
7. Купріненко А.Н. Выбор рационального варианта проектной гипотезы технического облика перспективных типов боевых бронированных машин / А.Н. Купріненко, В.А. Голуб // Системи озброєння і військова техніка. № 3(35), 2013. С. 24–28.
8. Наземні роботизовані комплекси: монографія / [Струтинський В.Б., Гуржій А.М.]. – Житомир: ПП «Рута», 2023 . – 524 с.
9. Чепков І.Б., Довгополий А.С., Гусяков О.М. Концептуальні засади створення вітчизняних ударно-розвідувальних наземних роботизованих комплексів важкого класу. *Озброєння та військова техніка* 23 (3), С. 16-25.
10. Купріненко О.М. Аналіз методів обґрунтування оперативно-тактичних вимог до перспективних систем (комплексів, зразків) ОВТ / О.М. Купріненко // Військово-технічний збірник АСВ ім. гетьмана Петра Сагайдачного. Львів: АСВ. № 1(4), 2011. С. 10–14.
11. Купріненко О.М. Бойові броньовані машини. Концептуальні основи проектування: монографія. Львів: НАСВ, 2017. 198 с.
12. Подход к разработке мобильных робототехнических комплексов разминирования / В.Н. Шашок, С.И. Филиппов, Багаев Д.В. [и др.] // Известия ЮФУ. Технические науки. 2014. № 3 (152). С. 58-70.
13. Гусяков О.М. Аналіз світового досвіду застосування та тенденції розвитку військових робототехнічних комплексів. *Військово-технічний збірник. Академія сухопутних військ*. Львів, 2012. № 1(6).
14. Гусяков О.М. Обґрунтування вимог до перспективних вітчизняних засобів виявлення вибухонебезпечних пристроїв / О.М. Гусяков, А.І. Березовський, Н.В. Гамалій, О.І. Колос // *Озброєння та військова техніка*. щокв. наук.-техн. журн. К.: ЦНДІ ОВТ ЗСУ, 2014. № 2. С. 20-24.
15. Патент на корисну модель № 73976 UA Україна. Керований робототехнічний комплекс розвідки та розмінування / О.М. Гусяков, В.І. Рудаков, М.І. Васьківський, Д.П. Кучеров. Опубл. 10.10.2012, Бюл. № 19.

16. Патент на корисну модель № 79061 UA Україна. Мобільний роботизований комплекс інженерної розвідки та розмінування / О.М. Гусяков, В.І. Рудаков, М.І. Васьківський, В.О. Дачковський, І.В. Сторожик. Опубл. 10.04.2013, Бюл. № 7.
17. Патент на корисну модель № 101072 UA Україна. Комплекс розвідки та розмінування / О.М. Гусяков, В.В. Яблоков, С.В. Сус та ін. Опубл. 25.08.2015, Бюл. № 16.
18. Патент України на корисну модель №130521 UA. Рухомий пристрій для ударного знищення вибухонебезпечних предметів уламковими елементами / О.М. Гусяков, М.О. Шишанов, В.І. Коцюруба та ін. Опубл. 10.12.2018, Бюл. № 23.
19. Кривцун В.І., Коцюруба В.І., Купріненко О.М. Концептуальний підхід до формування перспективної системи розмінування // Науково-технічний журнал «Озброєння та військова техніка». – Київ: ЦНДІ ОБТ, 2023. - №3(39). С.44-51.
20. Наказ Міністра оборони України від 10.07.2015 № 330 «Про затвердження Керівництва з улаштування інженерних загороджень підрозділами Міністерства оборони України та Збройних Сил України».
21. Кривцун В.І. Удосконалення існуючої класифікації дистанційно-керованих (роботизованих) засобів (комплексів) розмінування / Науковий журнал «Закон і честь». – Харків: НАНГУ, 2024. - №1(88). С.62-70.
22. Тутубалин В.Н. Границы применимости (вероятностно-статистические методы и их возможности). М.: Знание, 1977. 63 с.
23. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети. М.: Горячая линия. Телеком, 2007. 283 с.

## References

1. General Valery Zaluzhny admits the war is at a stalemate. Ukraine's commander-in-chief on the breakthrough he needs to beat Russia Available from : <https://www.economist.com/europe/2023/11/01/ukraines-commander-in-chief-on-the-breakthrough-he-needs-to-beat-russia> (access date: 02/17/2024).
2. Gorbulin V.P. The global problem of demining: the Ukrainian vector. Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine. 2022. No. 2. P. 3-13. <https://doi.org/10.15407/visn2022.02.003> (accessed 2/17/2024).
3. Landmines fact sheet. Available from : [https://www.handicap-international.de/sn\\_uploads/de/document/Faktenblatt\\_2023\\_Final.pdf?utm\\_source=brevio&utm\\_campaign=Presse\\_Landminen-Monitor%202023-Monitor\\_131124&utm\\_medium=email](https://www.handicap-international.de/sn_uploads/de/document/Faktenblatt_2023_Final.pdf?utm_source=brevio&utm_campaign=Presse_Landminen-Monitor%202023-Monitor_131124&utm_medium=email) (access date: 17.02.2024).
4. Landmine Monitor 2023 [EN/AR] – World. Landmine Monitor 2023 [EN/AR] - World | ReliefWeb (access date: 02/17/2024).
5. Principles of development of robotic systems in the Armed Forces of Ukraine: monograph / [V. F. Zaluzhnyi, S. O. Shaptala, V. V. Koval, V. M. Nazarov, R. V. Hryshchuk, S. M. Baranov, O. M. Semenenko, S. M. Ostrovsky]; in general ed. Prof. O. M. Semenenko. Kyiv: 7BC, 2023. 348 p.
6. System-conceptual foundations and elements of the methodology for the formation of operational-tactical and tactical-technical requirements for promising weapons and military equipment and models being modernized / D. A. Hryb, B. O. Demidov, M. V. Naumenko // Armament systems and military equipment. 2009. No. 2. P. 65-73.
7. Kuprinenko A.N. Selection of a rational version of the project hypothesis of the technical shape of the perspective types of combat armored machines / A.N. Kuprinenko, V.A. Golub // Weapon systems and military equipment. No. 3(35), 2013. P. 24–28.
8. Ground robotic complexes: a monograph / [Strutynsky V.B., Gurzhii A.M.]. - Zhytomyr: PP "Ruta", 2023. 524 p.

9. Chepkov, I.B., Dovgopolyy, A.S., Guslyakov, O.M. Conceptual principles of the creation of domestic heavy-class ground-based strike and reconnaissance robotic complexes. *Armament and military equipment* 23 (3), 16-25
10. Kuprinenko O.M. Analysis of methods of substantiating operational-tactical requirements for promising systems (complexes, samples) of OVT / O.M. Kuprinenko // *Military and technical collection of ASV named after Hetman Petro Sahaidachny*. Lviv: ASV. No. 1(4), 2011. p. 10–14.
11. Kuprinenko O.M. Armored combat vehicles. Conceptual foundations of design: monograph. Lviv: NASV, 2017. 198 p.
12. Approach to the development of mobile robotic mine clearance complexes / V.N. Shashok, S.I. Filippov, Bagaev D.V. [and others] // *Izvestiya YuFU. Technical sciences*. 2014. No. 3 (152). P. 58-70.
13. Guslyakov O.M. Analysis of world experience in the application and development trends of military robotic complexes / O.M. Guslyakov // *Military technical collection / Academy of the Ground Forces*. Lviv, 2012. No. 1(6). P.120-126.
14. Guslyakov O.M. Justification of the requirements for promising domestic means of detecting explosive devices / O.M. Guslyakov, A.I. Berezovskyi, N.V. Gamalii, O.I. Colossus // *Armament and military equipment. each science and technology journal* Kyiv: TsNDI OVT ZSU, 2014. No. 2. P. 20-24.
15. Patent for utility model No. 73976 UA Ukraine. Controlled robotic complex for reconnaissance and demining / O.M. Guslyakov, V.I. Rudakov, M.I. Vaskivskyi, D.P. Kucherov. Published on 10.10.2012, Bulletin No. 19.
16. Patent for utility model No. 79061 UA Ukraine. Mobile robotic complex for engineering reconnaissance and demining / O.M. Guslyakov, V.I. Rudakov, M.I. Vaskivskyi, V.O. Dachkovskyi, I.V. Storozhyk. *Storozhyk*. Published on 10.04.2013, Bulletin No. 7.
17. Patent for utility model No. 101072 UA Ukraine. Complex of reconnaissance and demining / O.M. Guslyakov, V.V. Yablokov, S.V. Sus et al. Published on 25.08.2015, Bulletin No. 16.
18. Patent of Ukraine for utility model №130521 UA. Mobile device for impact destruction of explosive objects by fragmentation elements / O.M. Guslyakov, M.O. Shishanov, V.I. Kotsyuruba et al. Published 10.12.2018, Bulletin No. 23.
19. Kryvtsun V.I., Kotsiuruba V.I., Kuprynenko O.M. Conceptual approach to the formation of a promising demining system // *Scientific and Technical Journal "Arms and Military Equipment"*. – Kyiv: Central Research Institute of Military Equipment, 2023. №3(39). C.44-51.
20. Order of the Minister of Defense of Ukraine of 10.07.2015 No. 330 "On Approval of the Guidelines for the Installation of Engineering Barriers by the Units of the Ministry of Defense of Ukraine and the Armed Forces of Ukraine".
21. Kryvtsun V.I. Improvement of the existing classification of remotely operated (robotic) demining means (complexes) / *Scientific journal "Law and Honor"*. – Kharkiv: NANGU, 2024. - №1(88). C.62-70.
22. Tutubalin V.N. Boundaries of applicability (probabilistic and statistical methods and their capabilities). Moscow: Znanie, 1977. 63 c.
23. Borisov, V.V., Kruglov, V.V., Fedulov, A.S. Fuzzy models and networks. Moscow: Hotline. Telecom, 2007. 283 c.