

ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ СТВОРЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ДИСТАНЦІЙНО-КЕРОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ РОЗМІНУВАННЯ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ РЕЗУЛЬТАТІВ ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ В УКРАЇНІ

Досвід ведення бойових дій у сучасних воєнних конфліктах показав, що одним із небезпечних їх наслідків є забруднення територій вибухонебезпечними предметами, які становлять загрозу як військовим, так і цивільному населенню. При цьому одним із основних проблемних питань є значне перевищення темпів розвитку мінної зброї в порівнянні з темпами розвитку протимінних засобів. Не є винятком і Україна, яка через повномасштабну агресію РФ опинилася в числі найбільш забруднених вибухонебезпечними предметами країн світу, що в свою чергу потребує великої кількості часу, сил та засобів для розвідки та розмінування територій.

Аналіз застосування вибухонебезпечних предметів у війні РФ проти України показує використання противником всього наявного в нього спектру мінної зброї, включаючи ту, що заборонена міжнародними конвенціями. Характерною особливістю мінування противником місцевості є широке використання дистанційних систем мінування, мінування безсистемно, застосування нових способів мінування, встановлення вибухонебезпечних предметів у стан невилучаємості. Аналіз наявних засобів розмінування в інженерних підрозділах ЗС України показує їх застарілість та низьку ефективність, а також відсутність дистанційно керованих комплексів розмінування. При цьому основним способом виконання завдань з розмінування як в умовах ведення бойових дій, так і при відсутності їх є ручний, що становить велику небезпеку саперам. Тому створення дистанційно-керованих комплексів розмінування є актуальним завданням. Вирішення зазначеної проблеми пропонується за рахунок розробки нових принципів дії перспективних дистанційно-керованих комплексу розмінування, обґрунтування можливих варіантів застосування штатних переносних засобів пошуку вибухонебезпечних предметів на дистанційно-керованих рухомих платформах за концепцією «Сапер переднього краю», обґрунтування вимог до структури та параметрів вказаних комплексів та реалізація ідеї щодо створення бази даних технічних образів відомих вибухонебезпечних предметів на підґрунті отриманих експериментальних даних щодо обраних показників (амплітуда, період та частота сигналу).

В статті на основі формалізації поставленої наукової проблеми з використанням теоретико-множинного підходу наведено модель функціонування перспективного дистанційно-керованого комплексу розмінування з урахуванням досвіду застосування противником вибухонебезпечних предметів під час війни РФ проти України, характеристик засобів їх пошуку та знищення

Ключові слова: бойові дії; вибухонебезпечні предмети; розмінування; дистанційно-керований комплекс розмінування.

Вступ. Інтенсивне ведення бойових дій у південно-східному регіоні України призвело до того, що значна територія України виявилася забрудненою вибухонебезпечними предметами (ВНП) [1-4]. За інформацією асоціації саперів України станом на березень 2022 року орієнтовне забруднення території України ВНП складає більше 82,5 тисяч квадратних кілометрів, і щодня ця цифра збільшується (рис. 1) [4]. На ній проживає більш ніж 15 млн. громадян. Це потребуватиме значних витрат державних коштів та ресурсу для проведення гуманітарного розмінування. До того ж, постійні обстріли РФ території України, у тому числі дистанційними системами мінування, призводять до нових руйнувань і збільшення території, яка забруднена ВНП.

Аналіз результатів ведення широкомасштабної збройної агресії РФ проти України показав, що отримані від підриву на мінах втрати в особовому складі, а також бойової та спеціальної техніки є значними. Найбільш критичним до широкомасштабного вторгнення армії виявився 2015 рік. А загалом, станом на 31.12.2020 у зоні проведення АТО/ООС отримали мінно-вибухові травми різної важкості 882 військовослужбовець, загинуло 248.

Щодо загибелі цивільного населення, то за даними Стокгольмського інституту Миру за кількістю втрат цивільного населення Україна у 2017 році займала 3 місце, а у 2018 році 5 місце, випереджаючи Афганістан, Камбоджу, Малі та Пакистан [1-4]. За даними Управління екологічної безпеки та протимінної діяльності з початком бойових дій лише на території Донецької та Луганської областей у наслідок підриву на мінах постраждало більш ніж 1900 цивільних осіб. На сьогодні відомості щодо втрат від підриву на ВВП особового складу сил оборони, цивільного населення та техніки з початку повномасштабної агресії РФ уточнюються. При цьому, аналіз інформації з відкритих джерел показує, що втрати з кожним днем збільшуються, включаючи саперів, які виконують завдання як під час бойових дій, так за відсутності їх.

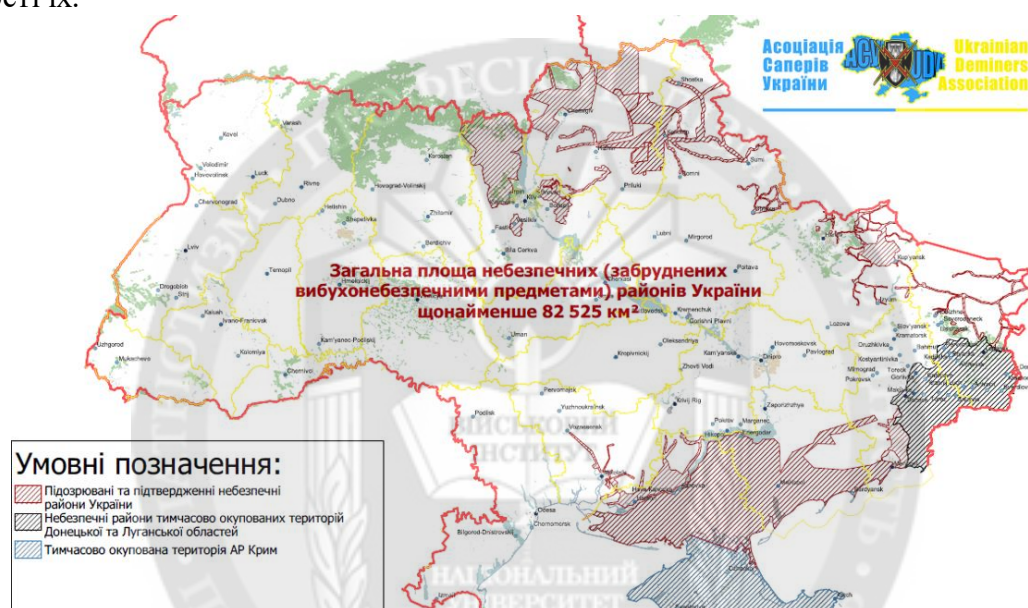


Рисунок 1 – Обсяги забрудненої місцевості, що потребує розмінування станом на червень 2022 року

Постановка проблеми. Досвід виконання завдань з розмінування у воєнних конфліктах сучасності та миротворчих операціях [5-6] показав, що одним із основних проблемних питань є значне перевищення темпів розвитку мінної зброї в порівнянні з темпами розвитку протимінних засобів [7-9]. Цей факт, враховуючи зростаючу інтенсивність застосування мін та саморобних вибухових пристроїв (СВП), у провідних країнах світу давно вже сприймається як загальносвітова проблема, вирішення якої потребує комплексного підходу [10,11]. При цьому, особлива увага в операціях по розмінуванню приділяється якості очищення місцевості від ВВП, що визначається міжнародними стандартами з розмінування [12]. Взагалі, на даний час не існує жодного технічного засобу, який би забезпечував виконання вимог [12], що і обумовлює подальше поширене застосування ручного способу розмінування, який є вкрай витратним та небезпечним.

Отже, враховуючі все вище зазначене, у практиці розмінування значно загострюється потреба підвищення якості, оперативності та безпеки процесів, пошуку, виявлення, знищення або знешкодження ВВП. Особливо гостро таке питання постає по відношенню до перспективних засобів розвідки мінно-вибухових загороджень (МВЗ), зокрема, засобів пошуку та виявлення ВВП.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що в них піднято та розглянуто часткові наукові задачі. Так відомі праці [13-24] присвячені висвітленню результатів наукових

досліджень, спрямованих на моделювання процесів та обґрунтування вимог до засобів пошуку та виявлення ВВП різними методами, розглядаються аспекти дистанційного знищення ВВП. В матеріалах [25,26] наведені результати теоретичних досліджень способів повітряної розвідки замінованих ділянок місцевості.

Проведений аналіз відомих доступних досліджень і публікацій дозволив дійти висновку, що задача проведення комплексних досліджень можливості використання перспективних засобів пошуку та виявлення ВВП за допомогою дистанційно-керованих платформ із врахуванням характеру мінування та типу ВВП, що застосовуються під час ведення бойових дій, на сьогодні вирішена не у повному обсязі. Разом з цим, питання системного аналізу технічних аспектів виявлення мін та інших ВВП в умовах ситуації, що склалася в зоні бойових дій, залишається актуальним і вимагає проведення подальших досліджень.

Мета статті викласти результати аналізу застосування ВВП на території України в наслідок війни з РФ, на основі яких здійснити математичне формулювання проблеми створення перспективних дистанційно-керованих комплексів розмінування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Під час ведення ООС, а на сьогодні у ході широкомасштабної збройної агресії РФ проти України противник використовує ВВП як у вигляді мінних полів, так і поодинокі для руйнування об'єктів інфраструктури регіону та СВП [27-29]. Найбільш поширеною є практика, коли диверсійно-розвідувальні групи армії агресора попередньо вивчають місця розташування та тип встановлених мінних полів для захисту позицій наших військ або маршрути висування резервних груп, а потім встановлюють на маршрутах висування міни-пастки для саперів і СВП, які у більшості випадків виявити надзвичайно складно.

В останній час найбільш широко противник став застосовувати дистанційний спосіб мінування місцевості як протитанковими, так і протипіхотними мінами. Особливістю такого мінування є безсистемність встановлення мін та особлива небезпека мін, які в своєму складі мають різні принципи спрацювання датчиків цілі (сейсмічні, натяжні, натискні, оптичні). Зазначені міни можуть встановлюватися як в режим самоліквідації через різні періоди часу, так і без самоліквідації, що несе додаткову небезпеку для військовослужбовців та цивільного населення.

Характер та обсяги забруднення місцевості ВВП у зоні проведення бойових дій та на звільнених територіях є досить різним, тобто значно відрізняється від класичного пострадянського підходу до мінування. У цьому сенсі слід звернути особливу увагу на зміщення пріоритетів у бік застосування СВП у порівнянні з інженерними мінами промислового виробництва.

Вказаний факт був підтверджений результатами статистичних досліджень, проведених у Національному університеті оборони України ім. Івана Черняхівського [30]. До статистичного опитування залучалися 100 офіцерів ЗС України, які мають значний бойовий досвід виконання бойових (спеціальних) завдань у зоні проведення ООС. Крім пріоритетності застосування різних типів ВВП була підтверджена залежність рівня небезпеки від типу ВВП, що зустрічалися у Донецькій та Луганській областях (рис. 2).

Найбільш вибухонебезпечні боєприпаси та предмети

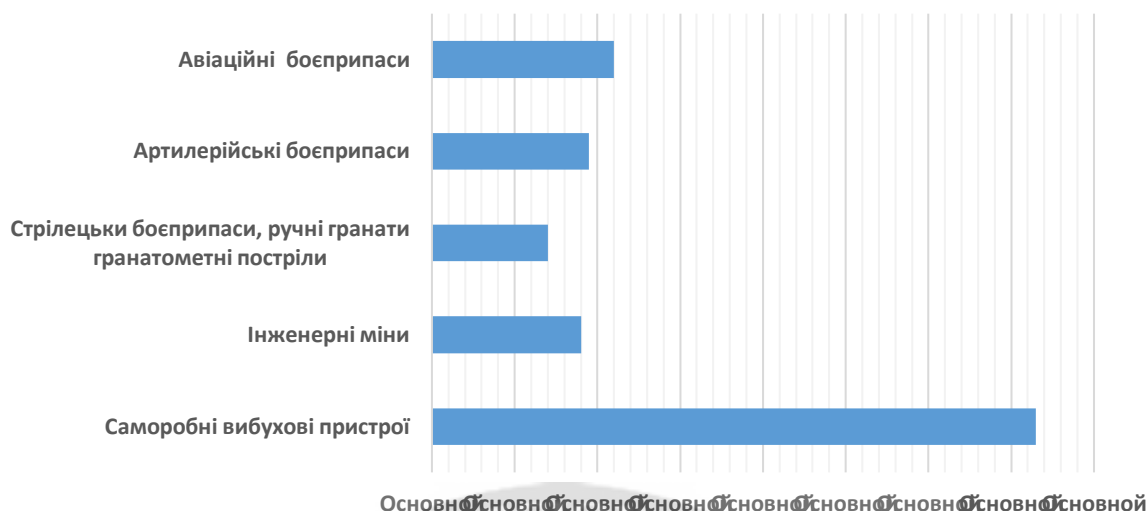


Рисунок 2 – Гістограма рівня небезпеки різних типів ВВП за результатами опитування

Також встановлено, що міни та вибухові пристрої (ВП) противником встановлюються з елементами невилучення або незнешкодження. Для цього разом зі звичайним підривником використовують ручні гранати, важелі запалів яких фіксуються корпусами мін. Противник застосовує всі наявні в нього на озброєнні інженерні боєприпаси, зокрема «міни-сюрпризи» та «міни-пастки», обсяги застосування яких визначити досить складно. Міни встановлюються як на лінії бойового зіткнення, так і в населених пунктах у місцях скупчення людей [27-29].

Характерним стає відмова від транзитного мінування місцевості та перехід до об'ємної моделі безсистемного мінування (рис. 3) із застосування ВВП по цілям (об'єктам).



Рисунок 3 – Об'ємний характер ведення мінної війни та забруднення ВВП місцевості

Небезпека полягає в тому, що їх застосування не обмежується ні масштабами, ні часом, ні місцевістю. Противник в основному використовують інженерні боєприпаси радянського та російського виробництва: протипіхотні міни (вибухові пристрої) – ПМН всіх модифікацій (ПМН, ПМН-2, ПМН-3 ПМН-4), МОН-50 (90, 100, 200), ОЗМ-72 (3, 4, 160), ПОМЗ-2М, вибухові пристрої НВУ-П „Охота” (НВУ-П2); «міни-пастки» – МС-3, МС-4, МЛ-7, МЛ-8; протитанкові міни – ТМ-57, ТМ-62 різних модифікацій, ТМ-72, ТМ-83, ТМ-89, а також ВВП, такі як: артилерійські снаряди, мінометні міни, реактивні снаряди систем залпового вогню, постріли осколочних гранат, різноманітні СВП [27-29]. Проте, останні бойові дії показують, що противник став широко застосовувати нові міни, які встановлюються дистанційно. Це насамперед міна протипіхотна міна ПОМ-3, яка встановлюється як за допомогою системи мінування «Земледелие», так і авіаційними, артилерійськими та переносними системами мінування на відстань від кількох метрів до сотень кілометрів [28]. Окрім ПОМ-3 противник широко застосовує і інші міни, які встановлюються дистанційними засобами мінування – протипіхотні ПФМ-1, ПФМ-1С, ПОМ-1, ПОМ-2 та протитанкові ПТМ-1, ПТМ-3, ПТМ-4. Особливістю застосування цих мін є те, що вони можуть встановлюватися глибоко в тилу наших військ, в населених пунктах, на об'єктах господарської діяльності тощо [27].

Противник використовує і нові способи приведення в дію протипіхотних мін і СВП. На додачу до «розтяжок» вони розвішують по кущах рибальські гачки, що чіпляються за одяг. У такому разі сапери попереджають про те, що треба бути надто обережним, своєчасно помітити й пройти «розтяжку», але можна при цьому не помітити кілька таких гачків, розвішаних по кущах, які можуть впитися в одяг, що призведе до вибуху [27].

На автошляхах противником установлюються, як правило, фугаси та міни. Вони віддають перевагу керованим саморобним фугасам трьох типів: для ураження бойової техніки, для ураження живої сили та комбіновані. У населених пунктах і лісовій місцевості можуть встановлюватися СВП з різними видами «розтяжок», для яких використовується так зване «павутиння» (горизонтальне, вертикальне, змішане). Воно може виготовлятися з дротів системи управління протитанковою керованою ракетою, волосінь, гілок дерев, кущів. Висота та довжина «розтяжок» може бути різною. Застосовуються також хибні «розтяжки», міни та фугаси можуть встановлюватися на невилучаємість. У такому випадку разом зі звичайним підривною противник використовує ручні гранати, важелі запалів яких фіксуються корпусами мін.

За наявності достатнього часу та можливостей противник завжди намагається мінувати будь-які об'єкти, аби завдати втрат українським військам. Це можуть бути підступи до опорних пунктів і блокпостів наших військ, шляхи, якими здійснюється постачання матеріально-технічних засобів українським підрозділам (зазвичай це загальнодержавні дороги, де повно цивільного транспорту), включаючи кювети та лісосмуги, склади, місцевість на нейтральній смузі, будівлі, джерела водопостачання, об'єкти інфраструктури, тощо.

У цьому сенсі противник виявляє спритність і винахідливість. Досить часто з його боку застосовується різноманітний типаж спеціальних інженерних боєприпасів як штатного призначення – міни, так і СВП, що виготовлені з підручних матеріалів, наприклад, з артилерійських снарядів і боєприпасів, що не спрацювали. До того ж противник є вкрай підступним – у хід ідуть різноманітні «міни-сюрпризи», СВП, що замасковані під мирні речі, різні форми так званих «розтяжок», у яких використовуються міни та гранати, і навіть так звані «інтелектуальні» міни із сейсмічними датчиками, широко використовується дистанційне управління підривом, що свідчить про достатньо високий рівень професіоналізму противника та його безлімітне забезпечення необхідним обладнанням [29].

Звичайно, мінний арсенал противника досить різноманітний і він не обмежується лише приведеними типами зразків мін. Застосування боєприпасів різної номенклатури в «мінній війні» передбачає необмежене їх використання за масштабами, місцем і часом бойових дій. У районі проведення бойових дій воно має низку особливостей: замість традиційних мінних полів, що становлять основу класичної системи загороджень, найбільшого поширення набули керовані та некеровані фугаси, окремі міни і групи мін, а також ручні гранати, встановлені на

розтяжках; переважна кількість МВЗ встановлюються на дорогах і узбіччях; головний засіб ведення мінної війни – не тільки інженерні боєприпаси, але й артилерійські та авіаційні боєприпаси, ручні гранати, пристосовані за допомогою підручних засобів до застосування як фугаси (пастки) [27,29].

Крім того, значну частку втрат становлять випадки потрапляння військовослужбовців або техніки на власні або не обліковані відповідним чином МВЗ під час виконання завдань інженерної розвідки, переміщення між позиціями, проведення інженерних робіт (інженерного обладнання позицій), гасіння пожеж, евакуації поранених тощо. Тому з метою встановлення порядку та правил поведіння військовослужбовців на місцевості, яка забруднена ВНП, дотримання заходів мінної безпеки у [31] визначено порядок організації та ведення інженерної розвідки в умовах застосування противником різних вибухонебезпечних предметів.

В цих умовах гостро постало питання виконання завдань щодо розмінування в районах ведення бойових дій та на звільнених територіях. Так, за даними МО України з початку бойових дій в період з 2014 року по кінець 2021 р. сапери виявили та знешкодили більше 25 тис. од. ВНП. Групами розмінування очищено більше 4 тис. га території та 1,3 тис. км шляхів, а також майже 750 км залізничних колій. У районі ведення бойових дій діяло близько 60 груп розмінування. Зрозуміло, що станом на червень 2022 року цих груп значно більше.

Для ведення розвідки МВЗ призначаються інженерні розвідувальні дозори, інженерні розвідувальні групи. Для ведення розвідки і подолання загороджень на майданчиках приземлення тактичного повітряного десанту до складу передових груп захоплення майданчиків виділяються інженерно-саперні підрозділи. При цьому підрозділами ЗС України застосовуються щупи, міношукачі та бомбошукачі, комплекти розвідки і розмінування, інженерно-розвідувальні машини, оптичні засоби спостереження, прилади нічного бачення.

Недоліками існуючих на озброєнні ЗС України наземних технічних засобів інженерної розвідки МВЗ (ИМП-2, РВМ-2, ИМБ, ИНМ) слід вважати їх моральну та фізичну застарілість (прийняті на озброєння, ще за часів СРСР) (рис. 4). В умовах світової тенденції створення та застосування роботизованих комплексів і систем у військовій сфері більш сучасними є закордонні металошукачі (спонсорська допомога волонтерів або іноземних військових спеціалістів).

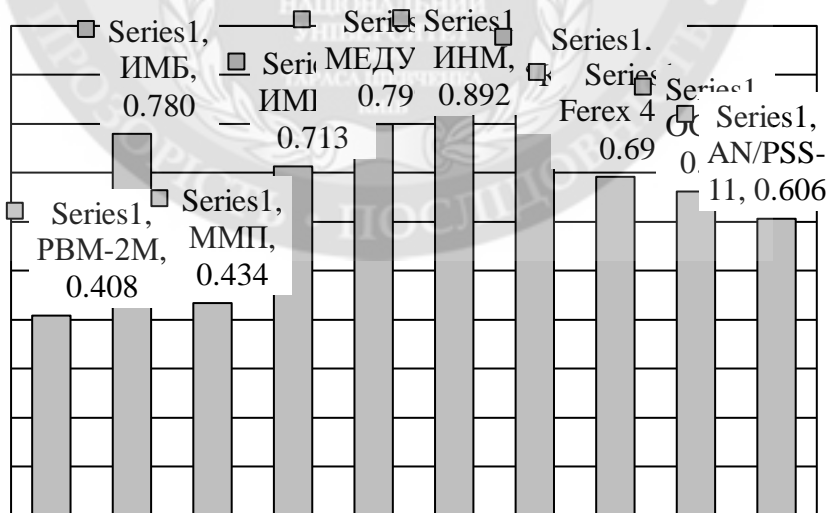


Рисунок 4 – Порівняльний аналіз рівня технічної досконалості засобів інженерної розвідки МВЗ

При цьому слід відмітити, що на сьогодні в Україні найбільш часто застосовується ручний спосіб розмінування. Навіть при механічному способі ведення інженерної розвідки інженерно-розвідувальною машиною також безпосередньо керує людина. Дистанційні засоби

виявлення мін відсутні. Це призводить до втрат особового складу інженерно-саперних підрозділів ЗС України.

Отже, на озброєнні ЗС України відсутні сучасні роботизовані комплекси і засоби дистанційної розвідки МВЗ, що сповільнює процес розмінування в Україні і вимагає зміни підходів до забезпечення підрозділів інженерної розвідки і оперативної розробки (закупівлі) сучасних засобів, комплексів і роботизованих систем інженерної розвідки для ЗС України.

Необхідно зауважити, що досвід виконання завдань з розмінування у воєнних конфліктах сучасності та миротворчих операціях показав, що одним із основних проблемних питань, яке було зазначено вище є значне перевищення темпів розвитку мінної зброї в порівнянні з темпами розвитку протимінних засобів. Цей факт, враховуючи зростаючу інтенсивність застосування мін та СВП, у провідних країнах світу давно вже сприймається як загальносвітова проблема, вирішення якої потребує комплексного підходу [33-42]. В цих країнах давно вже створені дистанційно-керовані технічні засоби для проведення розвідки місцевості на ВВП та розмінування. При цьому, особлива увага в операціях по розмінуванню приділяється якості очищення місцевості від ВВП, що визначається міжнародними стандартами, та забезпечення безпеки операторів з розмінування. Проте, на даний час не існує жодного технічного засобу, який би забезпечував виконання вказаних вимог, що і обумовлює подальше поширене застосування ручного способу розмінування, який є вкрай витратним і небезпечним. Тому створення вітчизняних дистанційно-керованих комплексів розмінування (ДККР) на сьогодні є надзвичайно актуальним завданням, яке потребує детального дослідження та створення відповідних методологічних основ

Основною ідеєю, що покладена в основу проведення досліджень, є розробка нових принципів дії перспективних ДККР, обґрунтування можливих варіантів застосування штатних переносних засобів пошуку ВВП на дистанційно-керованих рухомих платформах (ДКРП) за концепцією «Сапер переднього краю», обґрунтування вимог до структури та параметрів вказаних комплексів та реалізація ідеї щодо створення бази даних технічних образів відомих ВВП на підґрунті отриманих експериментальних даних щодо обраних показників (амплітуда, період та частота сигналу).

Для формалізації поставленої наукової проблеми на основі теоретико-множинного підходу [32] визначено модель перспективного ДККР таким чином:

$$KR = \langle V, D, F, Z, Pr, Sp, Ck, Q(Z), C(Z), t(Z) \rangle, \quad (1)$$

де KR – перспективний ДККР;

V – множина елементів ДККР;

D – множина зв'язків між елементами;

F – функції, які призначені елементам ДККР;

Z – множина завдань ДККР;

Pr – множина процесів у ДККР;

Sp – площа території місцевості, що підлягає розмінуванню;

Ck – складність процесів розмінування;

$Q(Z)$ – показники якості виконання завдання;

$C(Z)$ – показники вартості розмінування;

$t(Z)$ – час, що витрачається на виконання завдань з розмінування.

Функціонування ДККР (1) може бути подано у вигляді відображення

$$V \times D \times F \times Pr \times Sp \times Ck \rightarrow Z. \quad (2)$$

Однією з основних вимог, які висуваються до ДККР є вимога щодо її працездатності. Тобто обсяги виконаних завдань Z , які реалізуються відповідними процесами Pr , повинні бути максимальними при дотриманні вимог щодо збереження їх необхідної кількості та якості їх виконання $Q(Z)$, в умовах ресурсного та часових обмежень.

Тобто, у формалізованому вигляді проблема може бути подана, як

$$W(Sp; Ck) \rightarrow \max, \quad (3)$$

при $Z \in Z^*, Q(Z) \geq Q^*(Z), C(Z) \leq C^*(Z), t(Z) \leq t^*, Ck_{ij} \leq Ck_j^*, Ck_i = \langle \kappa, h, g \rangle$,

де $Q^*(Z), C^*(Z), t^*, Ck_j^*$ – деякі граничні показники, встановлені оперативно-тактичними вимогами;

$\langle \kappa, h, g \rangle$ – параметри складності процесів розмінування;

κ – щільність ВВП, га⁻¹;

h – глибина встановлення або знаходження ВВП відносно поверхні середовища, що приховує, м;

g – тип ВВП, які встановлені або знаходяться на місцевості.

Висновки. Таким чином, Україна на сьогоднішній день є однією з найбруднішою вибухонебезпечними предметами країною у світі, а основним способом розмінування є ручний, який є не досить ефективним та становить велику небезпеку особовому складу груп розмінування. Одним з напрямків підвищення ефективності процесів розмінування та забезпечення безпеки саперів є створення та застосування ДККР. Підвищити ефективність процесів розмінування за допомогою ДККР можливе за рахунок адаптації його елементів обсягам завдань різної складності із врахуванням ресурсних обмежень. Зокрема, побудову зазначеного комплексу пропонується здійснити на основі адаптації умовам ведення бойових дій під час мінної війни модернізованих існуючих та створених нових засобів розмінування, а також за рахунок впровадження обґрунтування раціональних параметрів та структури перспективного ДККР. Як напрямок подальших досліджень є розвиток методологічних основ структурно-параметричного синтезу системи дистанційно-керованих засобів (комплексів) розмінування та висвітлення результатів експериментальних досліджень.

ЛІТЕРАТУРА:

1. ООН закликає активізувати зусилля з розмінування на сході України [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.unian.ua/war/10502961-oon-zaklikaye-aktivizuvati-zusillya-z-rozminuvannya-na-shodi-ukrajini.html>.

2. Майже половину території України потрібно розмінувати внаслідок війни – ДСНС [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.unian.ua/war/viyuna-v-ukrajini-rozminuvati-trebatymayzhe-pоловину-teritoriji-ukrajini-dsns-novini-vtorgnennya-rosiji-v-ukrajinu-11781951.html>.

3. Україна – одна з найбільш замінованих країн світу. Що з цим робити? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-61080365>.

4. Скільки території України потребує розмінування [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.slovoidilo.ua/2022/03/22/novyna/bezpeka/skilky-terytoriyi-ukrayiny-potrebuye-rozminuvannya-oczinka-asociazciyi-saperiv>

5. Экзаменует «горячая точка» // Арм. сб. № 1, 2000. С. 34-38.

6. Польских Н.Л. Некоторые выводы по итогам инженерного обеспечения миротворческих сил в ходе грузино-абхазского конфликта // Арм. сб. 1997. № 1. С. 37-39.

7. Нижаловський А.М. Минная война в Абхазии // Арм. сб. № 1, 1999. С. 26-29.

8. Жуков С.А. Опыт разминирования местности в условиях локальных военных конфликтов // Зарубежное военное обозрение. № 6, 1998. С. 14-19.

9. Жуков С.А. Опыт разминирования местности в Боснии и Герцеговине // Зарубежное военное обозрение. № 8, 1998. С. 18-22.
10. Особливості гуманітарного розмінування [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/29685254.html> (дата звернення: 27.02.2020).
11. Перспективна схема організації протимінної діяльності в Україні [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL: <http://audm.org.ua/wpcontent/uploads/Shema-PMDU-perspektiva-1.pdf> (дата звернення: 04.03.2020).
12. Міжнародні стандарти протимінної діяльності: організація національної програми. URL: <https://www.osce.org/ukraine/149431?download=true>.
13. Звержинский С.С., Парфенов И.В. Метод магнитометрического обнаружения взрывоопасных предметов // Научные технологии. № 5, 2001. С. 29-34.
14. Щербаков Г.Н. Обнаружение скрытых объектов: монография. М.: Арбат-Информ, 2004. 144 с.
15. Щербаков Г. Н. Новые методы обнаружения скрытых объектов: монография. М.: ООО Эльф ИПР, 2011. 503 с.
16. Ясько В.А. Сучасний стан та перспективи розвитку засобів інженерного озброєння // Збірник наукових праць / Національна академія Державної прикордонної служби України ім. Б. Хмельницького. Хмельницький: НАДПСУ, 2010. № 52. 98-100.
17. Карев А., Раевский В., Коняев Ю., Румянцев А., Аверченко А. Мобильный комплекс обнаружения взрывчатых веществ. Технология разминирования XXI века // Электроника: Наука. Технологии. Бизнес, 2000. № 1. С. 54-58.
18. Гусяков О.М. Аналіз світового досвіду застосування та тенденції розвитку військових робототехнічних комплексів // Військово-технічний збірник / Академія сухопутних військ. Львів: АСВ, 2012. № 1 (6). С. 120-126.
19. Щербаков Г.Н. Методы обнаружения мин – применительно к проблеме гуманитарного разминирования. Актуальность, проблемы // Специальная техника, 2003. № 3. С. 24-31.
20. Ментус І.Е. Ефективність інженерних боєприпасів: навчальний посібник. Кам'янець-Подільський: ФВП ПДАТУ, 2008. 80 с.
21. Саламахин Т.М. Боевая эффективность инженерных боеприпасов и элементов системы заграждений: учебное пособие. М.: ВИА им. Куйбышева, 1983. 424 с.
22. Підсумковий звіт про виконання бойових завдань саперними підрозділами ЗС України в Ісламській Республіці Афганістан у складі Литовської групи з реконструкції провінції Гор (ГРП) за період з листопада 2010 р. по листопад 2011 р. К.: ГШ ЗСУ, 2012. 47 с.
23. Жуков С.А. Современные средства противоминной борьбы // Зарубежное военное обозрение. № 5, 1997. С. 26-32.
24. Жуков С.А. Современные средства противоминной борьбы // Зарубежное военное обозрение. № 6, 1997. С. 25-31.
25. Мосов С.П., Гурак С. П. Роботи та БПЛА проти мін. Оборонний вісник. № 11, 2019.
26. Вороч Б.О. Шляхи вирішення проблемних питань розмінування території України. Збірник наукових статей ЦВСДІ НУОУ. Воєнно-прикладні питання системного аналізу та математичного моделювання. 24.03.2020.
27. Збірник матеріалів вивчення бойового досвіду російсько-української війни 2022 року, збірник №4, 2022. С 70-71, 217-232.
28. Науково-технічна експертиза трофейного зразка протипіхотної осколкової міни ПОМ- 3 та інженерної системи дистанційного мінування шифр “Земледелие-И”. Проміжний звіт: Кам'янець-Подільський, 2022. 228 с.
29. Досвід застосування військ (сил) у ході операції оперативного-стратегічного угруповання військ «Хортиця» в період з 10 червня по 01 липня 2022 року.: Київ, 2022. С 38.
30. Статистичне опитування за результатами занять 7.4.1-7.4.2 [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL: <https://adl.mil.gov.ua/mod/feedback/view.php?id=4452> (дата звернення: 03.06.2020).
31. Інструкція з правил поведіння військовослужбовців на місцевості, на якій є вибухонебезпечні предмети, та дотримання заходів мінної безпеки, затверджена Наказом ГШ ЗС України від 19.04.2018. № 161.
32. Коцюрuba В.І. Формулювання проблеми та обґрунтування сукупності принципів побудови адаптивної системи розмінування в умовах ресурсних обмежень // Social development & Security / Національний університет оборони України імені Івана Черняховського. К.: НУОУ, 2017. № 3. С. 3-11.
33. “To Walk the Earth in Safety”. URL: <https://www.state.gov/t/ pm/rls/rpt/walkearth/2017/index.htm>.

34. Mine Action Strategy of the Swiss Confederation 2016 – 2019. URL: https://www.eda.admin.ch/dam/eda/en/documents/aussenpolitik/sicherheitspolitik/HMR-Strategie-2016-2019_EN.pdf.
35. Landmine and Cluster Munition Monitor. URL: <http://www.the-monitor.org/en-gb/our-research/country-profiles.aspx>. Моніторинг касетних боєприпасів
36. Humanitarian demining assistance and stockpiled conventional munitions assistance: authority; limitations. URL: <http://uscode.house.gov/browse/prelim@title10/subtitleA/part1/chapter20&edition=prelim>.
37. Netherlands, Support for Mine Action. URL: <http://www.the-monitor.org/en-gb/reports/2018/netherlands/support-formine-action.aspx#ftnref2>.
38. United Kingdom, Support for Mine Action. URL: <http://www.the-monitor.org/en-gb/reports/2018/unitedkingdom/support-for-mine-action.aspx>.
39. Clearing a path to development: The UK government's approach to landmines and explosive remnants of war in developing countries. URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/260365/mine-action-policy.pdf
40. Robots for Humanitarian Demining. <https://www.researchgate.net/publication/321954778>.
41. Demining robots – home. <http://www.natospdeminingrobots.com/>.
42. Demining Robots: Finding the right machine - Armtrac Ltd. <https://armtrac.net/demining-robots/demining-robots-finding-right-machine/>.

REFERENCES:

1. The UN calls for intensified demining efforts in eastern Ukraine, <https://www.unian.ua/war/10502961-oon-zaklikaye-aktivizuvati-zusillya-z-rozminuvannya-na-shodi-ukrajini.html>.
2. Almost half of the territory of Ukraine needs to be demined as a result of the war - DSNS. <https://www.unian.ua/war/viy-na-v-ukrajini-rozminuvati-treba-mayzhe-polovinu-teritoriji-ukrajini-dsns-novini-vtorgnennya-rosiji-v-ukrajinu-11781951.html>.
3. Ukraine is one of the most mined countries in the world. What to do with it? <https://www.bbc.com/ukrainian/features-61080365>.
4. More than 82,000 square kilometers of territory have been mined in Ukraine. <https://armyinform.com.ua/2022/03/24/v-ukrayini-zaminovano-ponad-82-tysyachi-kilometriv/>
5. Examination "hot spot" // Arm. Sat. No. 1, 2000. P. 34-38.
6. Polskikh N.L. Some conclusions on the results of the engineering support of peacekeeping forces during the Georgian-Abkhaz conflict // Arm. Sat. 1997. No. 1. P. 37-39.
7. Nyzhalovsky A.M. Mine war in Abkhazia // Arm. Sat. No. 1, 1999. P. 26-29.
8. Zhukov S.A. The experience of demining the area in the conditions of local military conflicts // Zarubezhnoe voonene obozrenie. No. 6, 1998. P. 14-19.
9. Zhukov S.A. The experience of demining the area in Bosnia and Herzegovina // Zarubezhnoe voonee obozrenie. No. 8, 1998. P. 18-22.
10. Features of humanitarian demining. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/29685254.html> (access date: 02/27/2020).
11. Prospective scheme of the organization of mine countermeasures in Ukraine. URL: <http://audm.org.ua/wpcontent/uploads/Shema-PMDU-perspektiva-1.pdf> (date of application: 03/04/2020).
12. International mine action standards: organization of the national program. URL: <https://www.osce.org/ukraine/149431?download=true>.
13. Zverzhinsky S.S., Parfenov I.V. The method of magnetometric detection of explosive objects // Naukoemkie tehnologii. No. 5, 2001. P. 29-34.
14. Shcherbakov G.N. Detection of hidden objects: monograph. M.: Arbat-Inform, 2004. 144 p.
15. Shcherbakov G.N. New methods of detecting hidden objects: monograph. M.: OOO Elf IPR, 2011. 503 p.
16. Yasko V.A. The current state and prospects for the development of engineering weapons // Collection of scientific works / National Academy of the State Border Service of Ukraine named after B. Khmelnytskyi. Khmelnytskyi: NADPSU, 2010. No. 52. 98-100.
17. Karev A., Raevsky V., Konyaev Yu., Rummyantsev A., Averchenko A. Mobile complex of detection of explosive substances. Technology of demining of XXI century // Electronics: Science. Technologies. Business, 2000. No. 1. P. 54-58.

18. Guslyakov O.M. Analysis of world experience in the use and development trends of military robotic complexes // Military technical collection / Academy of Ground Forces. Lviv: ASV, 2012. No. 1 (6). P. 120-126.
19. Shcherbakov G.N. Mine detection methods - applied to the problem of humanitarian demining. Relevance, problems // Special technology, 2003. No. 3. P. 24-31.
20. Mentus I. E. Effectiveness of engineering munitions: a study guide. Kamianets-Podilskyi: FVP PDATU, 2008. 80 p.
21. Salamakhin T. M. Combat effectiveness of engineering munitions and elements of the obstructed system: textbook. M.: VIA named after Kuibysheva, 1983. 424 p.
22. Final report on the execution of combat missions by sapper units of the Armed Forces of Ukraine in the Islamic Republic of Afghanistan as part of the Lithuanian Group for the Reconstruction of the Gore Province (HRP) for the period from November 2010 to November 2011. K.: General Staff of the Armed Forces of Ukraine, 2012. 47 p.
23. Zhukov S.A. Modern means of mine warfare // Zarubezhnoe voonee obozrenie. No. 5, 1997. P. 26-32.
24. Zhukov S.A. Modern means of mine warfare // Zarubezhnoe voonee obozrenie. No. 6, 1997. P. 25-31.
25. Mosov S.P., Gurak S.P. Robots and UAVs against mines. Defense Herald. No. 11, 2019.
26. Vorovich B.O. Ways to solve problematic issues of demining the territory of Ukraine. Collection of scientific articles of TsVSDI NUOU. Military-applied issues of system analysis and mathematical modeling. 24.03.2020.
27. Collection of materials for the study of combat experience of the Russian-Ukrainian war of 2022, Collection No. 4, 2022. P 70-71, 217-232.
28. Scientific and technical examination of the trophy sample of the POM-3 anti-personnel fragmentation mine and the engineering system of remote demining code "Zemledelie-I". Interim report: Kamianets-Podilskyi, 2022. 228 p.
29. Experience of the use of troops (forces) during the operation of the operational-strategic group of troops "Khortytsia" in the period from June 10 to July 1, 2022.: Kyiv, 2022. P 38.
30. Statistical survey based on the results of classes 7.4.1-7.4.2. URL: <https://adl.mil.gov.ua/mod/feedback/view.php?id=4452> (date of application: 06/03/2020).
31. The instruction on the rules for the behavior of servicemen in the area where there are explosive objects and compliance with mine safety measures, approved by the Order of the General Staff of the Armed Forces of Ukraine dated 04/19/2018. No. 161.
32. Kotsyruba V.I. Formulation of the problem and substantiation of the set of principles for building an adaptive demining system in conditions of resource limitations // Social development & Security / National University
33. "To Walk the Earth in Safety". URL: <https://www.state.gov/t/pm/rls/rpt/walkearth/2017/index.htm>.
34. Mine Action Strategy of the Swiss Confederation 2016 – 2019. URL: https://www.eda.admin.ch/dam/eda/en/documents/aussenpolitik/sicherheitspolitik/HMR-Strategie-2016-2019_EN.pdf.
35. Landmine and Cluster Munition Monitor. URL: <http://www.the-monitor.org/en-gb/our-research/country-profiles.aspx>. Моніторинг касетних боєприпасів.
36. Humanitarian demining assistance and stockpiled conventional munitions assistance: authority; limitations. URL: <http://uscode.house.gov/browse/prelim@title10/subtitleA/part1/chapter20&edition=prelim>.
37. Netherlands, Support for Mine Action. URL: <http://www.the-monitor.org/en-gb/reports/2018/netherlands/support-formine-action.aspx#ftnref2>.
38. United Kingdom, Support for Mine Action. URL: <http://www.the-monitor.org/en-gb/reports/2018/unitedkingdom/support-for-mine-action.aspx>.
39. Clearing a path to development: The UK government's approach to landmines and explosive remnants of war in developing war countries. URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/260365/mine-action-policy.pdf
40. Robots for Humanitarian Demining. <https://www.researchgate.net/publication/321954778>.
41. Demining robots – home. <http://www.natospdeminingrobots.com/>.
42. Demining Robots: Finding the right machine - Armtrac Ltd. <https://armtrac.net/demining-robots/demining-robots-finding-right-machine/>.

Doctor of Technical Sciences Kotsiuruba V.I., PhD Krivtsun V.I.,
PhD Miroshnichenko O.V., Solodeeva L.V.

**PROBLEM FORMULATION OF THE CREATION OF PROSPECTIVE REMOTE-
CONTROLLED DEMINING COMPLEXES ON THE BASE OF THE RESULTS ANALYSIS OF
COMBAT OPERATIONS IN UKRAINE**

The experience of conducting combat operations in modern military conflicts has shown that one of their dangerous consequences is the territory contamination with explosive objects, which pose a threat to both the military and the civilian population. At the same time, one of the main problems is the significant development rate excess of mine weapons compared to the development rate of mine countermeasures. Ukraine is not exception, which, due to the full-scale aggression of the Russian Federation, found itself among the most contaminated countries by explosive objects in the world, which in turn requires a large amount of time, forces and means for reconnaissance and demining of territories.

The analysis of the explosive objects use in the Russian Federation war against Ukraine shows the enemy use of all available mine weapons, including prohibited by international conventions. A characteristic feature of the enemy mining of terrain is the wide use of remote mining systems, random mining, new mining methods and the installation of explosive objects in an uncooperative state. The analysis of the available demining means in the Ukrainian Armed Forces engineering units shows their obsolescence and low efficiency, as well as the absence of remote-controlled demining complexes. At the same time, the main method of performing demining tasks both in the combat operations conditions and in their absence is manual, which poses a great danger to sappers. Therefore, the creation of remote-controlled demining complexes is an urgent task. The specified problem is proposed to solve through the development of new operation principles of promising remote-controlled demining complexes, the justification of possible options for use the standard portable means of explosive objects search on remote-controlled mobile platforms according to the concept "Front-line Sapper", the requirements justification for the structure and parameters of the specified complexes and the idea implementation of creating a database of technical images of known explosive objects on the basis of obtained experimental data on selected indicators (amplitude, period and signal frequency).

The article, based on the posed scientific problem formalization using a theoretical-multiple approach, provides a functioning model of a promising remote-controlled demining complex, taking into account the experience of the enemy explosive objects use during the Russian Federation war against Ukraine, the means characteristics of their search and destruction.

Keywords: *combat operations; explosive objects; demining; remote-controlled demining complex.*