

Journal of Scientific Papers “Social development & Security”
home page: <https://paperssds.eu/>



Kotsyuruba V. (2017) Formulyuvannya problemy ta obgruntuvannya naboru pryntsyviv pobudovy adaptivnoyi systemy rozminuvannya v umovakh obmezheniya resursiv [*Formulation of the problem and substantiation of the set of principles of constructing an adaptive mine-clearance system under conditions of resource constraints*]. *Social development & Security*. 2 (2), 3 – 11.

**ФОРМУЛЮВАННЯ ПРОБЛЕМИ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ СУКУПНОСТІ ПРИНЦИПІВ
ПОБУДОВИ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ РОЗМІНУВАННЯ В УМОВАХ РЕСУРСНИХ
ОБМЕЖЕНЬ**

В. Коцюрба *

*Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського,
проспект Повітрофлотський, 28, м. Київ-049, 03049, Україна,
e-mail: kotcuru@ukr.net
к.в.н., доцент, старший науковий співробітник



Article history:

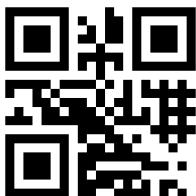
Received: September, 2017
1st Revision: October, 2017
Accepted: December, 2017

УДК 623.454

DOI: <http://doi.org/10.5281/zenodo.1117323>

Анотація: На основі аналізу існуючого стану питання інтенсифікації застосування мінної зброї в умовах ведення гібридної війни сформульована проблема та обґрунтована сукупності принципів побудови адаптивної системи розмінування та її елементів в умовах ресурсних обмежень.

Ключові слова: протимінна діяльність, мінна зброя, вибухонебезпечний предмет, адаптивна система розмінування, принципи побудови, складність завдань з розмінування, ресурсні обмеження.



Коцюрба В. І. Формулювання проблеми та обґрунтування сукупності принципів побудови адаптивної системи розмінування в умовах ресурсних обмежень [Електронний ресурс] / В. І. Коцюрба // *Social development & Security*. – 2017. – Вип. 2 (2). – С. 3 – 11. – Режим доступу до журн.:

<https://paperssds.eu/index.php/JSPSDS/article/view/16/14>

1. Постановка проблеми

Одним із основних проблемних аспектів протимінної діяльності за визначених умов поки ще залишається значне перевищення темпів розвитку та застосування мінної зброї у порівнянні із засобами розмінування, низка їх ефективність, велика вартість та недостатня безпечність виконання завдань розмінування.

Зміни завдань, які вирішуються за допомогою засобів розмінування, в свою чергу, вимагають створення перспективної системи розмінування, модернізації і розробки новітніх засобів та комплексів, які б відповідали умовам ведення бойових дій та одночасно потребі виконання завдань з гуманітарного розмінування. На цей час для вирішення цих завдань використовуються існуючі на озброєнні засоби розмінування або в обмеженій кількості закуповують високовартісні закордонні зразки засобів розмінування для вирішення в основному обмеженого кола конкретних завдань. Враховуючи, що такі засоби, як складові засобів інженерного озброєння, є невід'ємною частиною системи озброєння ЗС України, процес формування їх типу повинен ґрунтуватися на системному підході.

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Аналіз публікацій [1 – 6] показав, що дослідженню проблемних питань ефективності процесів розмінування у світі приділяється достатня увага. Однак, предметна сторона для різних досліджень мала різну спрямованість. Так у [1] розглянуто алгоритм ручного розмінування, на підґрунті якого запропонована низка удосконалень стандартних процедур, які, на думку авторів, дозволять підвищити їх ефективність. У [2 – 5] висвітлені результати дослідження різнорідних способів виявлення і ідентифікації вибухонебезпечних предметів (ВНП). Автор наступної роботи [6] наводить науково-методичні підходи щодо визначення основних параметрів інженерних боєприпасів, серед яких розглядаються методики оцінки параметрів зарядів розмінування та вибухостійкість основних типів інженерних мін. Отже, майже у всіх доступних джерелах, в тому числі в [1 – 6], розглядаються результати досліджень ефективності окремих процесів, зразків засобів розмінування, способів подолання мінно-вибухових загороджень та протимінного захисту, проводилось обґрунтування вимог до їх основних параметрів. Проте, в плані розробки загальної методології на основі системного підходу вирішено лише часткові задачі, що не дозволяє у повному обсязі обґрунтувати структуру та параметри перспективної організаційно-технічної системи розмінування в цілому. Ці обмеження й обумовили появу наукової проблеми та потреби обґрунтування сукупності принципів побудови перспективної адаптивної системи розмінування (АСР) та її елементів.

Метою статті є висвітлення сформульованої наукової проблеми та обґрунтованої сукупності принципів побудови адаптивної системи розмінування в умовах ресурсних обмежень.

3. Виклад основного матеріалу

Склад існуючого комплексу засобів інженерного озброєння, що використовуються на даний час у ЗС України для розмінування, є спадщиною колишнього Радянського Союзу. Вимоги до таких засобів визначалися задачами, що відповідали воєнно-політичним, воєнно-стратегічним поглядам на ведення збройної боротьби, рівню розвитку озброєння та військової техніки, науково-технічним та виробничо-економічним можливостям тих часів.

Переважна більшість таких засобів розроблена в другій половині минулого століття, характеризується моральною та фізичною застарілістю, їх різнотипністю. При цьому значна

частина з них виготовлялася за межами України, а деякі зняті з виробництва понад 20 років тому.

Досвід використання засобів розмінування, як у воєнних конфліктах, миротворчих операціях, так й у мирний час, показав невідповідність тактико-технічних характеристик окремих типів засобів розмінування характеру та обсягам задач, які фактично вирішуються.

Необхідність створення перспективних зразків озброєння та військової техніки, з одного боку, та обмежені економічні можливості, з іншого, змушують здійснювати пошук найбільш доцільної за змістом військово-технічної політики, виходячи з врахування, насамперед, матеріальних передумов. У сучасних умовах економічного розвитку держави та несиметричної переваги загальносвітових темпів розвитку мінної зброї й застосування інших ВВП, спроби досягти паритету в розвитку засобів розмінування неминуче ведуть до відставання.

Загальну якісну характеристику необхідно розглядати як перевагу за техніко-економічною ефективністю. Альтернативою в даному випадку є принцип асиметричного розвитку різних типів комплексів, засобів розмінування, який в рамках розвитку ЗС України полягає у виборі різного типажу та поєднанні їх у раціональному співвідношенні до єдиної системи. В той же час, на сьогоднішній день немає цілісної методології структурно-параметричного синтезу системи розмінування, елементи якої були б адаптовані сучасним умовам ведення бойових дій, що й обумовлює одну із ключових науково-прикладних проблем. Внаслідок чого, в практиці створення перспективних зразків озброєння та військової техніки виникає проблема розробки та виробництва високоефективних і економічно доцільних комплексів, засобів розмінування, застосування яких у єдиній адаптивній організаційно-технічній системі дозволило б підвищити якість, оперативність, безпеку процесів розмінування та знизити їх вартість.

Отже, вказана науково-прикладна проблема спрямована на вирішення протиріччя між сучасними вимогами до рівня функціональної ефективності адаптивної системи розмінування та її елементів і досягнутим рівнем розвитку теоретичних основ їх побудови. Розв'язання проблеми ґрунтується на системному підході та передбачає комплексний розгляд широкого кола питань.

Аналіз підходів та методів адаптації елементів АСР, розподілених у просторі та часі, дає змогу зробити висновок про наявність гострих протиріч між її можливостями та вимогами, які сьогодні висувуються до такого класу систем. Суть таких протиріч наступна:

виникає потреба значного зменшення витрати часу реалізації заявок з відповідними обсягами завдань в той час як існуюча система розмінування характеризується низькими темпами виконання завдань через не спроможність виконувати завдання з потрібною продуктивністю;

забезпечення зменшення кількості засобів пошуку, виявлення, знищення (знешкодження) ВВП, у той час як вимога щодо зменшення витратності системи вимагає застосування спрощених переносних засобів ручного розмінування;

побудова системи з використанням високопродуктивних засобів (комплексів) розмінування модульного типу, розподілених у межах районів ведення бойових дій в той час неможливість забезпечення всіх рівнів системи розмінування високопродуктивними, уніфікованими засобами (комплексами) розмінування через велику їх кількісну потребу та вартість;

потреба у врахуванні різної складності обсягів виконуваних завдань розмінування наявним ресурсом у той час виникає нераціональне використання ресурсу для реалізації заявок різної складності.

Зазначені протиріччя обумовлюють необхідність наукового обґрунтування вимог до параметрів і структури перспективної системи розмінування та параметрів комплексів,

засобів розмінування різного типу із врахуванням різної складності вирішуваних ними завдань.

Така потреба є комплексною і поєднує розробки у багатьох галузях науки [1-6]: теорії пошуку та виявлення ВВП, теорії ефективності інженерних боєприпасів, теорії вибуху, теорії складних систем тощо.

Проведений аналіз проблеми розмінування місцевості та об'єктів та існуючих теоретичних досліджень показав, що протиріччя між теоретичними основами обґрунтування структури та параметрів АСР та її елементів і вимогами сьогодення до них не вирішені.

Таким чином, актуальність питання, що розглядається, обумовлюється невідповідністю науково-методичного апарату опису процесів розмінування та викликає необхідність вирішення наукової проблеми щодо розвитку теорії структурно-параметричного синтезу та принципів побудови адаптивної системи розмінування.

Для формалізації поставленої наукової проблеми на основі теоретико-множинного підходу визначено модель АСР, як

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

де ASR – адаптивна система розмінування; V – множина елементів АСР; D – множина зв'язків між елементами; F – функції, які призначені елементам АСР; Z – множина завдань АСР; Pr – множина процесів у АСР; Sp – площа території місцевості, що підлягає розмінуванню; Ck – складність процесів розмінування; $Q(Z)$ – показники якості виконання завдання; $C(Z)$ – показники вартості АСР; $t(Z)$ – час, що витрачається на виконання завдань розмінування.

Робота АСР (1) може бути подана у вигляді відображення

$$V \times D \times F \times Pr \times Sp \times Ck \rightarrow Z^*.$$

Однією з основних вимог, які висувуються до АСР 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

$$W(Sp; Ck) \rightarrow \max, \quad (2)$$

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

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).

Отже, деталізуючи сформульовану наукову проблему, потрібно визначити таку структуру АСР $\alpha \rightarrow ?$, при якій цільова функція її застосування набуває максимального значення серед всіх можливих варіантів її побудови

$$\alpha = \langle v, d, f \rangle : \arg \max \left[W \left(\sum_{i=1}^n Sp_i \cdot Ck_i \right) \right].$$

З метою підвищення ефективності процесів розмінування на всіх рівнях АСР пропонується застосування її елементів адаптованих обсягам завдань різної складності із врахуванням ресурсних обмежень. Побудову зазначеної системи пропонується здійснити на основі адаптації умовам ведення бойових дій під час гібридної війни модернізованих існуючих та створених нових засобів (комплексів) розмінування, а також за рахунок впровадження обґрунтування раціональних параметрів та структури самої АСР, функціонування якої може бути представлено у вигляді канонічної моделі (рис.).



Рис. Функціональна схема процесів розмінування

Відповідно до зображеної на рис. 1 схеми, для досягнення мети розмінування повинна використовуватись мінімально необхідна кількість засобів розмінування, які застосовуються із різним часово-просторовим розмахом. Це дасть змогу значно зменшити необхідну, для досягнення встановленого рівня функціональної ефективності, кількість засобів розмінування та обґрунтувати необхідний типаж для різних рівнів.

Вищезазначені чинники безпосередньо пов'язані з особливостями застосування АСР і не потребують окремого обґрунтування. Разом з тим, застосування вказаної системи повинно відповідати загальній меті та завданням, які вирішуються під час бою (операції), а її структура – забезпечувати отримання найбільшого ефекту від застосування перспективних засобів розмінування. Тому виникає необхідність обґрунтування сукупності основних правил (принципів) побудови такої системи, при цьому, для попереднього оцінювання її ефективності можливо скористатись результатами, наведеними у роботах [1-6].

Слід зауважити, що зазначені принципи ґрунтуються на загальних принципах інженерного забезпечення [7].

Для адекватного формулювання принципів розглянемо простір X зовнішніх факторів, які впливають на функціонування АСР. Відповідно до робіт [1-6] можливо виділити наступні групи таких показників: фізико-кліматичні показники $x_{фк}$; показники, що характеризують угруповання, характер дій противника $x_{пр}$, та його можливості щодо улаштування загороджень; показники, які характеризують угруповання, характер дій своїх військ, а також можливості щодо розмінування місцевості та об'єктів $x_{св}$.

В свою чергу, враховуючи динамічний характер сучасних воєнних конфліктів, можливо відзначити, що на інтервалі часу T , протягом якого розглядається застосування АСР, певні показники можуть мати вигляд: $x = \langle x_{фк}, x_{пр}, x_{св}, t \rangle$, що характеризує поточний стан зовнішніх факторів, які впливають на функціональну ефективність системи в цілому.

Тоді узагальнений показник функціональної ефективності W АСР можна представити у вигляді $W = W(\alpha, x)$, а вибір кращого варіанту структури зазначеної системи – проводити за критерієм максимізації узагальненого показника.

Запропонований формалізований опис проблеми дає змогу сформулювати основні принципи побудови та функціонування АСР в умовах ведення гібридної війни.

Перш за все слід визначити *принцип відповідності структури АСР поточному стану зовнішніх факторів*:

$$\forall \alpha_i, x_k : W(\alpha_i, x_k) \rightarrow \max, \quad (3)$$

де α_i – один з варіантів структури АСР $i \in \overline{1, |\alpha|}$;

x_k, x_j – варіанти поточного стану зовнішніх факторів, що впливають на ефективність системи $k, j \in \overline{1, |x|}$.

В якості наступного принципу побудови АСР розглянемо *принцип модульності*. Зазначений принцип передбачає наявність структурних елементів, можливість їх взаємозаміни, а також збільшення загальної ефективності системи в разі збільшення ефективності її окремих модулів. Виконання першої з наведених умов витікає з формалізації системи (наявність множини V). Розглянемо певні підмножини (модулі) $p, q \subseteq V$ та відображення W – узагальненого показника ефективності елементів структури АСР, тоді:

$$\left. \begin{array}{l} v_1 = \langle p \rangle \\ v_2 = \langle p, q \rangle \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} v_1 > v_2 \rightarrow C(\alpha_1) > C(\alpha_2); \\ W(\alpha_2 \langle v_1, d, f \rangle, x) \geq W(\alpha_1 \langle v_1, d, f \rangle, x) \end{array} \quad (4)$$

Як уже відзначалося раніше, в умовах гібридної війни можуть виникати різноманітні варіанти значень показників зовнішніх факторів, що характеризують, зокрема, різні ситуації щодо розмінування місцевості та об'єктів тощо. Відповідно до цього, низько ефективне та неякісне розмінування не дозволить забезпечити високий рівень ефективності застосування діючого угруповання військ в цілому. Перехід до АСР дозволить забезпечити необхідну гнучкість у застосуванні засобів розмінування різного типу. Разом з тим, є можливим завчасне створення та утримання частини структури АСР $\alpha^{\min}$ на основі *принципу*

мінімальної достатності. Даний принцип вимагає забезпечити мінімально достатній рівень ефективності системи $W^{\min}$ для любых можливих значень показників зовнішніх факторів:

$$\forall a_i \rightarrow \alpha^{\min}, \text{ при } W(a_i, x_k) \geq W^{\min}. \quad (5)$$

За наявності достатньо ефективних АСР противником будуть вживатися відповідні заходи щодо протидії ним, у зв'язку з чим, певні елементи системи будуть виводитися з ладу. Також можливий вихід з ладу елементів системи і з інших причин. Крім того, необхідно забезпечити можливість нарощування структури АСР відповідно до зовнішніх умов, що склалися на певний момент часу t .

Відповідно до вищевказаного визначимо *принцип резервування* певної частини елементів АСР для їх подальшого використання:

$$t < t_{\max} \Rightarrow \alpha \langle v, d, f \rangle \cap \alpha' \langle v', d', f' \rangle \neq \emptyset, \text{ при } v' > v; d' > d; f' > f, \quad (6)$$

де $t_{\max}$ – кінцевий час застосування системи.

Тоді, спираючись на опис попередніх (5), (6) двох принципів для моментів часу t_1, t_2 застосування АСР сформулюємо *принцип відновлення та нарощування структури*:

$$W(a_i, x_k) \geq W^{\min} \Rightarrow \Delta \alpha = a_{t_1} \setminus a_{t_2}; t_1 < t_2. \quad (7)$$

Відповідно виразу (7) з плином часу відбувається використання раніш зарезервованих елементів структури АСР. При цьому, з одного боку, підтримується частина структури системи, яка відповідає принципу мінімальної достатності (5), з іншого – загальна структура системи нарощується (6).

Під час розгляду попередніх принципів побудови АСР вже визначалося наявність дестабілізуючих впливів на систему, які призводять до виходу з ладу певних її елементів та відповідного зниження її функціональної ефективності. Відповідно до цього, під час структурно-параметричного синтезу такої системи, розглядається властивість функціональної стійкості – як властивості системи, що полягає в здатності виконувати хоча б установлений мінімальний об'єм своїх функцій при відмовах в умовах впливу зовнішніх факторів, які передбачені умовами експлуатації.

Вищезазначене дає змогу висунути *принцип функціональної стійкості* АСР, загальна ідея якого полягає у створенні необхідної надмірності $(\Delta v, \Delta d, \Delta f)$ та забезпечення можливості застосування її для локалізації та виправлення позаштатних ситуацій, що виникають в процесі експлуатації системи. Принцип функціональної стійкості АСР можливо сформулювати як

$$\left. \begin{array}{l} \forall v \subseteq V \exists v^+, v^- \\ \forall d \subseteq D \exists d^+, d^- \\ \forall f \subseteq F \exists f^+, f^- \\ \langle \Delta v, \Delta d, \Delta f \rangle \neq \emptyset \end{array} \right\} \Rightarrow \alpha \langle \Delta v, \Delta d, \Delta f \rangle \rightarrow W(a_i, x_k) \geq W^{\min}. \quad (8)$$

5. Висновки.

Отже, основні принципи побудови АСР, які сформульовано у виразах (3)-(8), дозволяють на їх основі сформулювати основні аспекти для структурно-параметричного синтезу АСР та обґрунтування вимог до основних параметрів її елементів.

Напрямком подальших досліджень є обґрунтування вимог до основних параметрів та структури АСР та її елементів.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ И ОБОСНОВАНИЕ СОВОКУПНОСТИ ПРИНЦИПОВ ПОСТРОЕНИЯ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ РАЗМИНИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ РЕСУРСНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ

В. Коцюруба*

** Национальный университет обороны Украины,
пр-кт Воздухофлотский, 28, г. Киев-049, 03049, Украина,
e-mail: kotcuru@ukr.net
к.в.н., доцент, старший научной сотрудник*

Аннотация: На основе анализа существующего состояния вопросы интенсификации применения минного оружия в условиях ведения гибридной войны сформулирована проблема и обоснована совокупности принципов построения адаптивной системы разминирования и ее элементов в условиях ресурсных ограничений.

Ключевые слова: противоминная деятельность, минное оружие, взрывоопасный предмет, адаптивная система разминирования, принципы построения, сложность задач по разминированию, ресурсные ограничения.

FORMULATION OF THE PROBLEM AND SUBSTANTIATION OF THE SET OF PRINCIPLES OF CONSTRUCTING AN ADAPTIVE MINE-CLEARANCE SYSTEM UNDER CONDITIONS OF RESOURCE CONSTRAINTS

V. Kotsyuruba*

** National University of Defense of Ukraine, Povitroflotsky avenue,
28, Kyiv-049, 03049, Ukraine,
e-mail: kotcuru@ukr.net
Ph.D., Senior Researcher, Associate Professor,*

Abstract: On the basis of the analysis of the current state of the issue of the intensification of the use of mines in the conditions of hybrid warfare, the problem and a substantiated set of principles of constructing an adaptive mine system and its elements under conditions of resource constraints.

Keywords: mine action, mines, explosive object, adaptive system of demining, principles of construction, complexity of demining tasks, resource constraints.

Використана література

1. Бочаров О.А. Алгоритмизация процессов в деятельности по разминированию как основа создания эффективных стандартных процедур действий // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2007. – № 2 (16). – С. 202–205.
2. Звержинский С.С. Метод магнитометрического обнаружения взрывоопасных предметов / [С.С. Звержинский, И.В. Парфенцев] // Наукоемкие технологии. – № 5, 2001. – С. 29–34.
3. Щербаков Г. Н. Новые методы обнаружения скрытых объектов. – М.: ООО Эльф ИПР, 2011. – 503 с.
4. Ground Penetrating Radar Theory and Applications / H. M. Jol ed. – Amsterdam : Elsevier, 2008. – 544 p.
5. Furuta K. Anti-Personnel Landmine Detection for Humanitarian Demining. The Current Situation and Future Direction for Japanese Research and Development / K. Furuta, J. Ishikava eds. – London : Springer-Verlag London, Ltd., 2009. – 236 p.
6. Ментус І. Е. Ефективність інженерних боєприпасів: навчальний посібник. – Кам'янець-Подільський: ФВП ПДАТУ, 2008. – 80 с.
7. Юрков Б. Н. Исследование операций. – М.: ВИА, 1990. – 528 с.

References

1. Bocharov O.A. (2007) Algoritmizatsiya protsessov v deyatel'nosti po razminirovaniyu kak osnova sozdaniya effektivnykh standartnykh deystviy // Naukoviy visnik UkrNDIPB. – 2007. – № 2 (16). – P. 202 – 205.
2. Zverzhinskiy S. S. (2001) Metod magnitometrcheskogo kontrolya vzryvoopasnykh predmetov / [S.S. Zverzhinskiy, I.V. Parfentsev] // Naukoyemkiye tekhnologii. – № 5, 2001. – P. 29 – 34.
3. Shcherbakov G. N. (2011) Novyye metody skrytykh ob"yektov. – M. : ООО El'f IPR, 2011. – 503 p.
4. Pronikayushchaya radiolokatsionnaya teoriya i prilozheniya / H. M. Jol ed. – Amsterdam: Elsevier, 2008. – 544 p.
5. Furuta K. Obnaruzheniye protivopekhotnykh min dlya gumanitarnogo razminirovaniya. Tekushchaya situatsiya i budushcheye napravleniye dlya yaponskikh issledovaniy i razrabotok / K. Furuta, J. Ishikava eds. – London: Springer-Verlag London, Ltd., 2009. – 236 p.
6. Mentus Í. E. (2008) Yefektivnist' inzhenernikh boëpriпасів: navchal'niy posibnik. – Kam'yanets'-Podil's'kiy: FVP PDATU, 2008. – 80 p.
7. Yurkov B. N. (2008) Issledovaniye operatsiy. – M. : VIA, 1990. – 528 p.