

## **ТЕХНОЛОГІЇ ВИЯВЛЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ**

студент Шафоростов Д. Д., доцент, к.т.н., Янушкевич Д. А.

Харківський національний університет радіоелектроніки,  
кафедра КІТАМ, м. Харків, Україна

e-mail: danylo.shaforostov@nure.ua, dmytro.ianushkevych@nure.ua

**Abstract.** The use of robotic complexes in the system of humanitarian demining is due to the efforts of all countries to save human lives, both in combat operations and in the process of humanitarian demining of territories contaminated with explosive objects (EO). The main tasks in the task of humanitarian demining are the search and identification of explosive objects by their unmasking features. Explosive ordnance detection solutions using robotic complexes with a suitable modular structure and properly adapted to the local conditions of hazardous unstructured areas can significantly increase personnel safety, as well as work efficiency, productivity and flexibility. In this sense, modern technologies for detecting and classifying EOs, the architecture of building robotic complexes and manipulators with which they are equipped to perform the assigned tasks are an actual direction of research.

**Вступ.** Застосування робототехнічних комплексів у системі гуманітарного розмінування обумовлено зусиллями всіх країн щодо збереження людських життів, як у бойових діях, так і в процесі гуманітарного розмінування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами (ВНП). Основними завданнями в задачі гуманітарного розмінування є пошук та ідентифікація вибухонебезпечних предметів за їх демаскуючими ознаками.

Рішення щодо пошуку вибухонебезпечних предметів за допомогою робототехнічних комплексів з відповідною модульною структурою та правильно адаптовані до місцевих умов небезпечних неструктурованих зон можуть значно підвищити безпеку персоналу, а також ефективність роботи, продуктивність і гнучкість. У цьому сенсі, сучасні технології виявлення та класифікації ВНП, архітектура побудови робототехнічних комплексів та маніпуляторів, якими вони оснащені для виконання поставлених завдань є актуальним напрямом досліджень.

**Основна частина.** Гуманітарне розмінування – комплекс заходів, які проводяться з метою ліквідації небезпек, пов'язаних із вибухонебезпечними предметами (ВНП), включаючи нетехнічне та технічне обстеження територій, виявлення, знешкодження та знищення ВНП, їх маркування та повинна виконувати такі завдання:

- пошук, ідентифікацію та знешкодження ВНП;
- картографування та маркування територій, забруднених ВНП;
- здійснення оцінювання якості гуманітарного розмінування.

Головними завданнями у проблемі гуманітарного розмінування є пошук та ідентифікація ВВП. Виявлення мін та ВВП означає їх пошук та ідентифікацію у відповідності з їх демаскуючими ознаками [1]. Демаскуючі ознаки ВВП зумовлені низкою чинників. До них можна віднести:

- наявність вибухової речовини;
- наявність локально розташованої маси металу (навіть в так званих «неметалічних» югославських мінах є до 0,1 г алюмінію та металева пружина для спрацювання детонатора);
- характерна форма мін та ВВП;
- неоднорідності середовища, де розміщений ВВП (порушення поверхні ґрунту, дорожнього покриття, стіни будівлі, порушення кольору рослинності або снігового покриву тощо).

Додаткові демаскуючі фактори ВВП: наявність провідної лінії управління міною; наявність годинникового механізму або електронного таймера; наявність сейсмічного, магнітного або оптичного датчика цілі тощо.

ВВП можуть бути виявлені, в основному за рахунок трьох факторів:

- наявності зосередженої маси вибухової речовини;
- характерна конструкція міни (форми, матеріалу корпусу тощо);
- порушення однорідності навколишнього фону (кольору рослинності, щільності ґрунту тощо).

У табл. 1 наведені найбільш важливі демаскуючі ознаки ВВП, що реалізуються при їх пошуку. Їх основними фізичними характеристиками є: щільність, твердість, електрична провідність, діелектрична і магнітна проникності, коефіцієнти відбиття і випромінювання у видимому (0,4...0,76 мкм) і інфрачервоному (0,76...1000 мкм) діапазонах електромагнітних хвиль.

Сучасний стан методів виявлення ВВП характеризується різноманіттям. Аналіз стану методів виявлення ВВП показує, що кожен з них має певні обмеження. Звичайно, при цьому необхідно враховувати як апіорну інформацію про об'єкт пошуку (розміри, матеріали тощо), так і властивості оточуючого середовища [1].

В даний час найбільше застосування знайшли такі методи: електромагнітні (індукційний, радіохвильовий, магнітометричний, нелінійний), ядерно-фізичні, теплофізичний і механічний (механічного зондування). Саме вони дозволяють створити технічні засоби пошуку ВВП, які можуть бути придатними для гуманітарного розмінування. Традиційна система виявлення та ідентифікації мін та ВВП наведені у табл. 2. Систему можна розділити на 2 типи [1]:

- система типу А, призначена для виявлення та ідентифікації вибухонебезпечних предметів у середовищах, що покривають, що використовують енергію систем пошуку;

– системи типу П, що використовують енергію об'єкта пошуку.

Таблиця 1 – Демаскуючі ознаки вибухонебезпечних предметів

Вид контрасту між об'єктом і оточуючим середовищем	Тип об'єкта пошуку			
	ППМ	ПТМ	ВНП з електронними компонентами	ВНП з кабельними лініями управління
Відмінність електропровідності	+	+	+	+
	(може бути дуже малою)			
Відмінність магнітної проникливості	±	±	+	+
Відмінність діелектричної проникності	+	+	+	+
Відмінність теплофізичних характеристик	±	±	±	±
Відмінність оптичних характеристик	±	±	±	±
Відмінність механічних характеристик	+	+	+	+
Наявність парів вибухової речовини (ВР)	±	±	±	±
Наявність нелінійних електромагнітних властивостей	±	±	+	±

Примітка: + – контраст  $\epsilon$ ; ± – контраст  $\epsilon$  не завжди.

Таблиця 2 –. Методи виявлення ВНП

«А»	«П»
1. Механічний	1. Газоаналітичний
2. Оптичний	2. Ядерно-фізичний
3. Теплолокаційний	3. Біофізичний
4. Електромагнітний	4. Акустичний
5. Параметричний	

Проблеми, які виникають при застосування цих методів – це питання безпеки і зниження часових та матеріальних витрат на розмінування. Інші вимоги: кліматичні, ефективність роботи в темний час доби, стійкість до механічних впливів, електромагнітна сумісність тощо.

«Глибинність» найбільш практично значимих безконтактних методів пошуку та ідентифікації ВНП, які знаходяться у ґрунті наведено у табл. 3.

Таблиця 3 – «Глибинність» безконтактних методів пошуку ВНП

Глибина пошуку	Методи пошуку ВНП	Тип ВНП
Поверхня ґрунту	Електромагнітний, оптичний, газоаналітичний, механічний, теплофізичний, біологічний	Всі типи ВНП
до 0,1 м	радіохвильовий	Всі типи ВНП
	індукційний	Металеві ВНП
до 1 м	короткоімпульсна радіолокація	Всі типи ВНП
	магнітометричний	Феромагнітні ВНП

Для підвищення ефективності виявлення ВНП доцільно комплексування різних пошукових методів в одному технічному засобі. Один з нових перспективних методів виявлення мін – це параметричний. Він заснований на реєстрації взаємодії збудливого (силового) і зондуючого (інформаційного) фізичних полів, на об'єктах пошуку штучного походження (мінах). Поєднання цих полів може бути різним.

Відповідно до цього РКВП повинні бути обладнані маніпуляторами з відповідним апаратним та програмним забезпеченням та які повинні виконувати завдання з пошуку та ідентифікації ВНП.

**Висновки.** Таким чином застосування РКВП для проведення робіт з гуманітарного розмінування дає можливість зберегти життя людей при його здійсненні та на даний час є дуже актуальним завданням.

Для підвищення ефективності виявлення ВНП за допомогою РКВП доцільно комплексування різних пошукових методів в одному технічному засобі.

Відповідно до цього РКВП повинні бути обладнані маніпуляторами з відповідним апаратним та програмним забезпеченням та які повинні виконувати завдання з пошуку та ідентифікації ВНП.

#### **Список використаних джерел.**

1. Nevliudov, I., Yanushkevych, D., Ivanov, L. Analysis of the state of creation of robotic complexes for humanitarian demining. / I. Nevliudov, D. Yanushkevych, L. Ivanov // Technology Audit and Production Reserves, 6/2 (62). – 2021. – P. 47-52.

2. Застосування сучасних роботизованих систем і комплексів у гуманітарному розмінуванні / І. О. Толкунов, І. І. Попов, Д. А. Янушкевич // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations». – Харків: НУЦЗУ. – 2022. – С. 112-114.