

В.І. Коцюруба

Інститут оперативного забезпечення та логістики НУОУ, Київ

СИНТЕЗ СТРУКТУРИ ПОШУКОВИХ ПРИСТРОЇВ ВІЯВЛЕННЯ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ПРЕДМЕТІВ

На підґрунті аналізу існуючих підходів запропоновано удосконалену методику обґрунтування раціональної комбінації методів виявлення вибухонебезпечних предметів для структурного синтезу пошукових пристроїв, із використанням якої наведений приклад проведення розрахунків та зроблено висновки.

Ключові слова: пошуковий пристрій; метод виявлення; вибухонебезпечний предмет; структурний синтез.

Вступ

На сучасному етапі розвитку воєнного мистецтва відмічається значне збільшення інтенсивності застосування інженерних мін та різнорідних саморобних вибухових пристроїв. Можливості щодо досить ефективного та відносно дешевого способу нанесення втрат противнику зброєю даного типу обумовлює значне зростання її популярності у останніх воєнних конфліктах [1]. При цьому ураження ними наносилося як особовому складу, озброєнню та військовій техніці ворогуючих сторін, так й мирному населенню, що обумовлює їх віднесення до класу вибухонебезпечних предметів (ВНП). Виявлення ВНП на сьогоднішній день й є найбільш складною проблемою процесу розмінування місцевості й об'єктів.

Аналіз публікацій [2–6] показав, що дослідженню питання ефективності комплексного сумісного використання принципово різних методів виявлення ВНП приділялось недостатньо уваги, що викликає потребу удосконалення існуючого науково-методичного апарату щодо обґрунтування раціональної комбінації методів виявлення вибухонебезпечних предметів для структурного синтезу пошукових пристроїв.

Враховуючі вищезазначене, стаття присвячена висвітленню удосконаленої методики обґрунтування раціональної комбінації методів виявлення вибухонебезпечних предметів для синтезу структури пошукових пристроїв.

Основний матеріал

Події щодо виявлення ВНП пристроями з різними принципами дії є випадковими. Такими подіями, наприклад, можуть бути: А – ВНП знайдено індукційним методом; В – ВНП знайдено радіохвильовим методом; С – ВНП знайдено візуальним методом. Ймовірності подій відповідно $P(A)$, $P(B)$,

$P(C)$ можуть бути визначені теоретично за формулами, які наведені у [2–6], або шляхом обробки статистичної інформації. Ймовірність виявлення ВНП залежить від технічних характеристик пошукових пристроїв, характеристик ВНП, способів мінування та середовища, яке укриває.

У загальному підході ймовірність виконання завдання пристроєм з різними методами пошуку та виявлення ВНП може бути визначена як

$$P_{ВЗ} = P_{П} P_{В/П},$$

де $P_{П}$ – ймовірність попадання ВНП у зону дії пошукового пристрою; $P_{В/П}$ – ймовірність виявлення ВНП за умови його попадання у зону дії пошукового пристрою.

За умов, коли $P_{П} = 1$, ймовірність $P_{ВЗ} = P_{В/П}$. Визначена ймовірність й буде характеризувати ймовірності $P(A)$, $P(B)$, $P(C)$.

Слід зазначити, що пошук ВНП може здійснюватись як окремо одним із методів, так й шляхом їх поєднання у багатоканальні системи [2; 3]. Можливі варіанти пошукових пристроїв та їх комбінацій наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Можливі варіанти пристроїв для пошуку ВНП та їх комбінацій

№ варіанту	Метод виявлення ВНП			Ймовірність виявлення ВНП
	А	В	С	
1	+	–	–	P_1
2	–	+	–	P_2
3	–	–	+	P_3
4	+	+	–	P_4
5	+	–	+	P_5
6	–	+	+	P_6
7	+	+	+	P_7
8	–	–	–	P_8

Для нашого випадку події А, В, С у будь-якій комбінації є сумісними та незалежними. У відповідності з цим ймовірність сумісної складної події виявлення ВВП декількома методами буде меншою або рівна значенню суми ймовірностей окремих подій.

Визначимо формульні залежності ймовірності виявлення ВВП для кожного варіанту пристроїв з різними методами пошуку ВВП та їх комбінаціями. Для варіантів №№ 1–3 вони будуть визначатися як ймовірність простої події

$$P_1 = P(A); \quad (1)$$

$$P_2 = P(B); \quad (2)$$

$$P_3 = P(C). \quad (3)$$

Для варіантів №№ 4–7 ймовірність виконання завдання пошуковими пристроєм з комбінаціями методів виявлення ВВП повинна визначатися як ймовірність сумісної складної події. Так для варіантів №№ 4–6 значення показника пропонується визначати за формулами

$$P_4 = P(A) + P(B) - P(A)P(B); \quad (4)$$

$$P_5 = P(A) + P(C) - P(A)P(C); \quad (5)$$

$$P_6 = P(B) + P(C) - P(B)P(C). \quad (6)$$

Визначення ймовірності виконання завдання пошуковими пристроєм за варіантом № 7 пропонується здійснювати за виразом

$$P_7 = P(C) + P(B) + P(A)P(B) - P(A)P(C) - P(B)P(C) + P(A)P(B)P(C). \quad (7)$$

Восьмий варіант наведений для складання повної групи випадкових подій забезпечення виконання завдань з розмінування. Природно такий варіант є самим неефективним серед інших у зв'язку з тим, що за цим варіантом пошук ВВП зовсім не ведеться та подолання можливо замінованої ділянки місцевості ведеться «на ризик». Звідси і $P_8 = 0$.

Вибір найбільш доцільних варіантів пристрою для пошуку ВВП може здійснюватись на підґрунті використання двох концепцій:

оптимізаційної

$$P = \max P_i, \quad i = 1..n, \quad (8)$$

де P_i – ймовірність виконання завдання з виявлення ВВП пристроєм і-го варіанту використання методів пошуку;

за придатністю

$$P_i \geq P_3, \quad (9)$$

де P_3 – задане (мінімально допустиме) значення ймовірності виконання завдання з виявлення ВВП пристроєм для пошуку ВВП.

Для врахування ресурсних обмежень введемо критерій, який є комбінацією визначених концепцій прийняття рішення

$$P = \min P_j, \quad j = 1..m, \quad \text{при } P_j \in \{P_i \geq P_3\}, \quad (10)$$

де P_j – ймовірність виконання завдання з виявлення ВВП пристроєм j-го варіанту використання методів пошуку.

Запропонований критерій (10) дозволить розв'язати проблемне питання щодо неоднозначності вибору варіанту рішення та врахувати потребу мінімізації ресурсних витрат на їх реалізацію.

Для наочності наведемо приклад проведення розрахунків для наступних вимог: пошуковий пристрій повинен здійснювати виявлення протитанкових мін у різних корпусах при встановленні їх у ґрунт на глибині до 20 см із ймовірністю не нижче 0,9. Пошук може здійснюватись одним із трьох методів: індукційним, радіохвильовим, візуальним або будь-якою їх комбінацією. Статистичні ймовірності виконання завдання для обраних методів виявлення ВВП складають $P(A) = 0,8$, $P(B) = 0,76$, $P(C) = 0,25$.

За формулами (1–7) визначаємо значення показника ймовірності виконання завдання пошуковим пристроєм для всіх варіантів використання методів виявлення ВВП (табл. 1). Результати розрахунків наведені на рис. 1.

Аналіз результатів розрахунків дозволив зробити низку висновків:

окреме використання методів пошуку є малоефективним, внаслідок недостатнього рівня ймовірності виявлення ВВП;

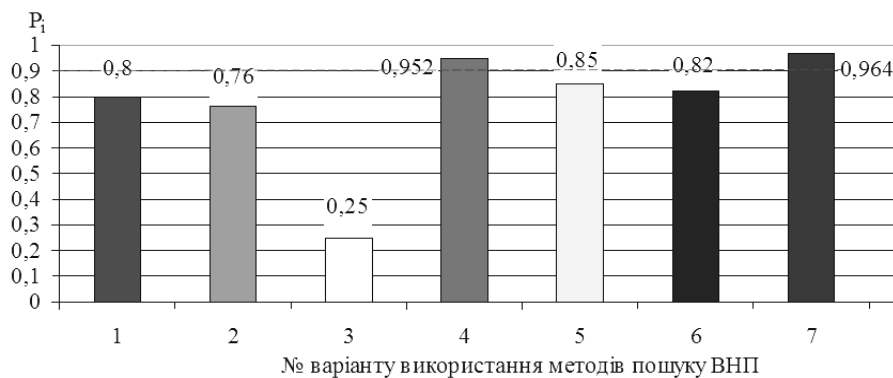


Рис. 1. Залежність зміни ймовірності виявлення ВВП від методу пошуку ВВП або їх комбінації

за критерієм (8) найкращим (оптимальним) виявився варіант пристрою № 7. В принципі цей факт можна було б передбачити й без проведення розрахунків;

однак, за правилом (9), допустимих варіантів використання комбінації методів виявлення ВВП два – №№ 4, 7, що не дозволяє прийняти однозначне рішення;

із врахуванням ресурсних обмежень за критерієм (10) раціональним варіантом використання методів виявлення ВВП у пошуковому пристрої буде варіант № 4. За цим варіантом передбачається використання двоканального пристрою з індукційним та радіохвильовим методами виявлення ВВП.

Висновки

Таким чином, розглянута у статті методика набула удосконалення, яке пов'язане із визначенням залежностей сумісного використання різномірних методів виявлення ВВП.

Крім того, було запропоновано використання критерію вибору раціональних рішень, що дозволило розв'язати проблемне питання стосовно неоднозначності вибору варіанту рішення та врахувати потребу мінімізації ресурсних витрат на їх реалізацію. Як напрямок подальших досліджень є удосконалення методичного підходу щодо обґрунтування структури засобів знищення ВВП.

Список літератури

1. Денисенко А.М. Математическая модель поражения легких бронированных машин взрывоопасными предметами фугасного типа / А.М. Денисенко, В.Н. Зиркевич, А.М. Андриенко // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2007. – № 4. – С. 34-37.

2. Щербаков Г.Н. Обнаружение скрытых объектов / Г.Н. Щербаков. – М.: Арбат-Информ, 2004. – 144 с.

3. Щербаков Г.Н. Новые методы обнаружения скрытых объектов / Щербаков. – М.: ООО Эльф ИПР, 2011. – 503 с.

4. Денисенко А.М. Математическая модель обнаружения взрывоопасных предметов индукционным методом / А.М. Денисенко, В.И. Коцюруба. – К.: Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2007. – № 4. – С. 19-23.

5. Денисенко О.М. Математична модель виявлення вибухонебезпечних предметів пошуковим пристроєм з радіохвильовим методом, встановленим на легких броньованих машинах / О.М. Денисенко, С.В. Мацюк // Збірник наукових праць НАДПСУ ім. Б.Хмельницького. Серія: військові та технічні науки. – Хмельницький: Вид-во НАДПСУ, 2010. – № 52. – С. 54-57.

6. Сауленко В.Н. Математическое моделирование обнаружения и уничтожения взрывного устройства с использованием роботизированного комплексного средства / В.Н. Сауленко, А.Н. Ананьев, И.В. Рубцов // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана, сер. «Машиностроение», 2011. – С. 153-161.

Надійшла до редколегії 9.11.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.І. Тимочко, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків.

СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ ПОИСКОВЫХ УСТРОЙСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ ВЗРЫВООПАСНЫХ ПРЕДМЕТОВ

В.И. Коцюруба

На основе анализа существующих подходов предложена усовершенствованная методика обоснования рациональной комбинации методов обнаружения взрывоопасных предметов для структурного синтеза поисковых устройств, с использованием которой приведен пример проведения расчетов и сделаны выводы.

Ключевые слова: поисковое устройство; метод обнаружения; взрывоопасный предмет; структурный синтез.

SYNTHESIS OF STRUCTURES SEARCH APPLIANCE UXO DETECTION

V.I. Kotsyuruba

Based on an analysis of existing approaches proposed improved method of rational justification-term combination of methods for detecting explosive devices for structural synthesis of searchers using for an example of the calculations and conclusions.

Keywords: search appliance; detection method; explosive devices; structural synthesis.