

• призвести експлуатаційну оцінку які доріг по допустимим швидкостям руху, а при недостатній кількості доріг провести оцінку прохідності місцевості поза доріг з урахуванням реальних природно-кліматичних умов.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України від 02.10.2012 № 5403-VI// Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, № 34-35, ст.458. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>. (дата звернення: 06.06.2018).
2. Про затвердження Порядку проведення евакуації у разі загрози виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. Постанова кабінету міністрів України від 30 жовтня 2013 р. № 841. Документ 841-2013-п. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua>. (дата звернення: 06.06.2018).
3. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Нормативна база. Про затвердження Методики планування заходів з евакуації. : Наказ МВС України від 10.07.2017 № 579. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.dsns.gov.ua>. (дата звернення: 06.06.2018).

### УДК 681.3

*Закора О. В., канд. техн. наук, доцент,  
Фещенко А. Б., канд. техн. наук, доцент,  
Національний університет цивільного захисту України*

### **ВИЗНАЧЕННЯ ГЛИБИНИ БОЄПРИПАСУ У МІНОШУКАЧІ VLF-СИСТЕМИ З ДОДАТКОВИМ ПРИЙОМНИМ КАНАЛОМ**

Підвищення об'єму задач ДСНС України щодо проведення гуманітарного розмінування, пов'язане з наслідками бойових дій на сході держави й збільшенням випадків аварій у місцях зберігання боєприпасів, вимагає вдосконалення існуючих та розробки нових технічних засобів, що застосовуються при пошуку та знешкодженні вибухонебезпечних об'єктів. Однією з актуальних проблем гуманітарного розмінування є розробка ефективних пошукових приладів забезпечення пошукових робіт та безпеки праці в зоні надзвичайної ситуації. Важливим напрямом вдосконалення сучасних міношукачів є розробка багатофункціональних пошукових приладів з багатоканальною прийомною системою. Представляє інтерес розробка методики визначення глибини залягання боєприпасу у багатоканальному приймачі міношукача VLF-системи (МД VLF).

Особливістю випадку виміру глибини залягання боєприпасу є те, що в умовах підземного середовища розповсюдження радіохвилі випробують швидке поглинання. Магнітне поле швидко зменшується зі збільшенням відстані між передавальною котушкою і ціллю, ціллю і приймальною котушкою, але швидкість загасання залежить від розміру прийомної котушки. Припустимо, що ціль знаходиться безпосередньо на центральній осі котушки. Тоді поле у цілі [1]:

$$H = 2NI \frac{R^2}{(R^2 + d^2)^{3/2}},$$

де  $I$  – струм передачі, а  $N$  – кількість обмоток котушки передачі,  $R$  – радіус котушки,  $d$  - відстань від цілі до котушки.

На своєму зворотному шляху наведений боєприпасом сигнал зазнає таких саме втрат. Велика котушка передавача при інших рівних параметрах створює інший розподіл напруження поля, чим маленька. Такі відміни дозволяють визначати вимірювану глибину шляхом порівняння сигналів двох прийомних каналів, амплітуди  $V_1$  і  $V_2$  яких пропорційні  $H_{np1/2}$ .

При використанні двох прийомних каналів, обладнаних антенами радіусів  $R_1$  и  $R_2$ , розташованими на відстані  $d_1$  і  $d_2$  від цілі відповідно, можна розрахувати співвідношення амплітуд сигналів  $V$  у прийомних каналах:

$$w = \frac{V_1}{V_2} = \frac{R_1^2 (R_2^2 + d_2^2)^{3/2}}{R_2^2 (R_1^2 + d_1^2)^{3/2}} = \frac{R_1^2 (R_2^2 + (d_1 + \Delta d)^2)^{3/2}}{R_2^2 (R_1^2 + d_1^2)^{3/2}},$$

де  $\Delta d = d_2 - d_1$  – різниця відстаней від котушок до боєприпасу.

Це рівняння є лише функцією глибини боєприпасу і не залежить ні від його електричних властивостей, ні від властивостей навколишнього середовища. Перетворення останнього рівняння дозволяє розрахувати глибину відносно першої котушки  $d_1$ , як рішення квадратного рівняння:

$$d_1^2 \left( w^{2/3} \frac{R_2^{4/3}}{R_1^{4/3}} - 1 \right) - 2d_1 \Delta d + \left( w^{2/3} R_2^{4/3} R_1^{2/3} - R_2^2 - \Delta d^2 \right) = 0.$$

Але, якщо пара прийомних котушок є компланарною (розташована в одній площині), як їх зараз переважно виготовляють в антенних системах МД VLF, то  $\Delta d = 0$  і

$$d(w) = \sqrt{\frac{w^{2/3}R_1^{2/3}R_2^{4/3} - R_2^2}{1 - w^{2/3}(R_2/R_1)^{4/3}}}. \quad (1)$$

З метою спрощення розрахунку функції (1) можуть використовуватися розраховані чи табульовані значення цієї функції.

Отримувана на підставі виразу (1) методика визначення глибини залягання боєприпасу передбачає вимір амплітуд сигналів в двох прийомних каналах  $V_1$  і  $V_2$ , розрахунок їх співвідношення  $w = V_1/V_2$  і значення глибини з виразу (1) або відповідних графіків. На рис.1 представлено графік функції (1) для випадку радіусів котушок  $R_1 = 20$  см і  $R_2 = 10$  см. Користуючись таким графіком, або безпосередньо виразом (1), можна перерахувати величину відношення вимірних амплітуд у значення глибини боєприпасу  $d$ .

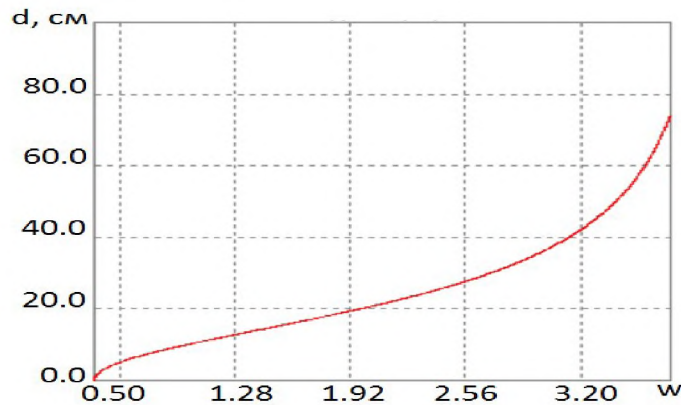


Рис. 1. Графік залежності глибини боєприпасу  $d$ , см, від співвідношення амплітуд відгуків цілі  $w$  при радіусах котушок  $R_1 = 20$  см і  $R_2 = 10$  см.

Введення третього та більшої кількості прийомних каналів з окремими котушками надає можливість збільшувати кількість незалежних оцінок параметру глибини, підвищувати точність оцінювання шляхом розрахунку усередненого значення параметру.

Таким чином, для визначення глибини боєприпасу може використовуватися або аналітична, або графічна залежність глибини залягання від співвідношення амплітуд сигналів цілі, прийнятих багатоканальною прийомною системою.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Claudio Bruschini. A Multidisciplinary Analysis of Frequency Domain Metal Detectors for Humanitarian Demining. Ph.D. thesis, Faculty of Applied Sciences, Vrije Universiteit. Brussels, 2002 [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.gichd.org/fileadmin/pdf/database/PhDBruschiniFinalv2Booklet.pdf>