

**О.В.Возний**

## **ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ МАСКУВАННЯ У ІНФРАЧЕРВОНОМУ ДІАПАЗОНІ ДОВЖИН ХВИЛЬ**

Проведено оцінку можливостей апаратури інфрачервоної (тепловізійної) розвідки. Наведенні необхідні для розрахунків вихідні дані по апаратурі, об'єктам та умовам ведення розвідки. Отримано аналітичні вирази для розрахунку відношення сигналу до шуму зображень вихідного й замаскованого об'єктів та ймовірностей їх виявлення. Розроблено математичний апарат для оцінки ефективності заходів зниження помітності у інфрачервоному діапазоні довжин хвиль.

Ключові слова: апаратура інфрачервоної розвідки, засоби зниження помітності, оцінка ефективності, ймовірність виявлення об'єкта.

An assessment of the capabilities of infrared (thermal imaging) intelligence equipment. The data necessary for calculations are the initial data on the equipment, objects and conditions of conducting reconnaissance. Analytical expressions are obtained to calculate the ratio of the signal to the noise of the images of the original and masked objects and the probabilities of their detection. A mathematical apparatus has been developed to evaluate the effectiveness of measures to reduce visibility in the infrared wavelength range.

Keywords: infrared reconnaissance equipment, means of reducing visibility, evaluation of efficiency, probability of object detection.

В теперішній час в збройних силах провідних країн світу для виявлення і розпізнавання наземних, повітряних та морських об'єктів, а також забезпечення нанесення ударів в нічних та складних метеоумовах широко використовується інфрачервона (ІЧ) розвідка.

Під інфрачервоної розвідкою розуміється отримання інформації шляхом прийому і аналізу електромагнітних сигналів ІЧ діапазону хвиль, що випромінювали об'єктами і предметами навколишньої місцевості або відображених.

Вище зазначене говорить, про необхідність значно підвищити увагу до розробки та застосування новітніх засобів маскування в ІЧ діапазоні хвиль, а також оцінки їх можливості щодо зниження помітності важливих військових об'єктів й озброєння та військової техніки (ОВТ) від сучасних та перспективних засобів ІЧ розвідки.

Проведемо оцінку можливостей розвідки об'єктів системами ІЧ розвідки, які встановлені на літаках-розвідниках, БПЛА та наземних засобах в діапазонах довжин хвиль 3,2-5,2 мкм, 8-14 мкм.

Для оцінки можливостей ІЧ розвідки будемо використовувати такий показник, як ймовірність виявлення об'єкта –  $P_o$ .

Для визначення наведеного показника необхідні наступні вихідні дані:

– по апаратурі розвідки:

- 1) гранична чутливість за температурою  $\Delta T_0$ , К;
- 2) елементарний кут зору  $\delta_e$ , рад;
- 3) дальність ведення розвідки  $D_n$ , м;
- 4) кут візування  $\Psi_b$ ;

– по об'єкту розвідки:

- 1) коефіцієнт теплового випромінювання покриття об'єкту  $\epsilon_o$ ;
- 2) коефіцієнт теплового випромінювання фону  $\epsilon_\phi$ ;
- 3) коефіцієнт теплового випромінювання покриття замаскованого об'єкту  $\epsilon_3$ ;
- 4) площа проекції об'єкта на площину, перпендикулярну до лінії візування апаратурою розвідки  $S_o$ , м<sup>2</sup>;

5) площа проекції елемента випромінюючої поверхні об'єкту, перпендикулярну до лінії візування апаратурою розвідки  $S_{oi}$ , м<sup>2</sup>;

– по умовам ведення розвідки:

- 1) коефіцієнт пропускання атмосфери  $\tau$ ;
- 2) середня температура об'єкту  $t_o$ ;
- 3) середня температура фону  $t_\phi$ ;

Розрахунок імовірності виявлення об'єкту здійснюється в наступній послідовності.

Визначаються вихідні дані: за апаратурою розвідки ( $\Delta T_0$ ,  $\delta_e$ ,  $D_H$ ); по об'єкту ( $\varepsilon_o$ ,  $\varepsilon_\phi$ ) [1-2].

За допомогою термометрів [3] відповідно до інструкції їх використання вимірюються температури  $t_{\phi i}$  в декількох точках навколо об'єкту та температури  $t_{oi}$  окремих, що відрізняються за нагрівом характерних ділянок (елементів) об'єкту  $S_{oi}$ , після чого розраховуються середнє значення температур фону  $t_\phi$  і об'єкту  $t_o$  за формулами:

$$t_\phi = 4 \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_{\phi i}^4}; \quad (1)$$

$$t_o = 4 \sqrt{\frac{1}{S_o} \sum_{i=1}^m t_{oi}^4 S_{oi}}; \quad (2)$$

де  $m$  – кількість вимірів.

Розраховується величини:

– елемент розкладання  $\Delta l_m$ ,  $m$  за виразом:

$$\Delta l_m = D_H \delta_e; \quad (3)$$

– еквівалентна похибка об'єкту  $b_e$ ,  $m$  за виразом:

$$b_e = \frac{S_o}{l_{mo}}; \quad (4)$$

– коефіцієнт, що враховує здатність зорового аналізатора оператора - дешифрувальника здійснювати просторове інтегрування по полю теплового зображення об'єкту  $N$ , за виразом:

$$N = \begin{cases} \frac{0,8b_e l_{mo}}{l_m^2} \text{ при } \frac{b_e}{\Delta l_m} < 1, \frac{l_{mo}}{\Delta l_m} < 1; \\ \frac{\sqrt{\frac{l_{mo}}{\Delta l_m b_e}}}{\Delta l_m} \text{ при } \frac{b_e}{\Delta l_m} < 1, 1 \leq \frac{l_{mo}}{\Delta l_m} \leq 13; \\ \frac{\sqrt{b_e l_{mo}}}{\Delta l_m} \text{ при } 1 \leq \frac{b_e}{\Delta l_m} \leq 13, 1 \leq \frac{l_{mo}}{\Delta l_m} \leq 13; \\ \frac{\sqrt{13b_e}}{\Delta l_m} \text{ при } \frac{b_e}{\Delta l_m} < 1, \frac{l_{mo}}{\Delta l_m} > 13; \\ \frac{\sqrt{13b_e}}{\Delta l_m} \text{ при } 1 \leq \frac{b_e}{\Delta l_m} \leq 13, \frac{l_{mo}}{\Delta l_m} > 13; \\ \sqrt{170} \text{ при } \frac{b_e}{\Delta l_m} > 13, \frac{l_{mo}}{\Delta l_m} > 13. \end{cases} \quad (5)$$

Далі розраховується величина відношення сигналу до шуму  $q$ , за виразом:

$$q = \frac{(|\varepsilon_\phi(t_o - t_\phi)| + \eta(\varepsilon_o - \varepsilon_\phi)) N \tau}{\Delta T_0} - 3,2, \quad (6)$$

де  $\eta$  - коефіцієнт, що враховує вплив випромінювання атмосфери;

$$\eta = \begin{cases} 35 \text{ при ясній погоді;} \\ 25 \text{ при високій хмарності;} \\ 15 \text{ при низькій хмарності,} \end{cases}$$

Тепер розраховується величина відношення сигналу до шуму замаскованого об'єкту  $q_3$ , за виразом:

$$q = \frac{(|\varepsilon_\phi(t_{30} - t_\phi) + \eta(\varepsilon_{30} - \varepsilon_\phi)|)N\tau}{\Delta T_0} - 3,2. \quad (7)$$

Імовірність виявлення замаскованого об'єкту  $P_{30}$  визначається згідно графіку зображеному на рисунку 1.

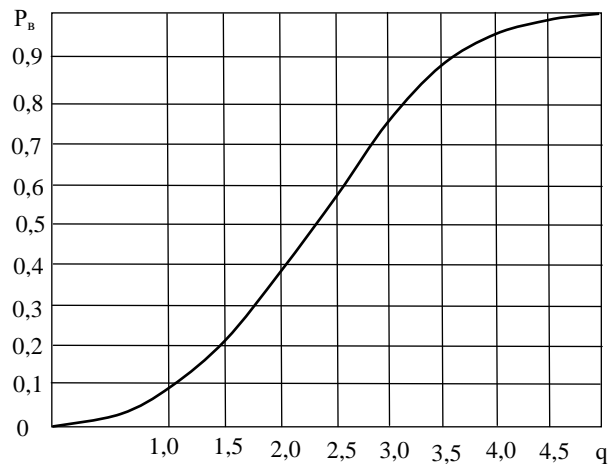


Рис. 1. Залежність імовірності виявлення об'єкта  $P_o$  від співвідношення сигнал/шум  $q$

Ефективність застосування засобів зниження помітності від апаратури ПЧ розвідки оцінюється за формулою:

$$E_{зп} = (P_o - P_{30}) \cdot 100\%. \quad (8)$$

Отримані результати можуть забезпечити розрахункову оцінку можливостей апаратури ПЧ розвідки конкретних об'єктів захисту в заданих умовах, необхідну для виявлення особливо небезпечних засобів виявлення та ураження противника, визначення демаскуючих ознак, вибору та розробки способів та засобів протидії й оцінки їх ефективності.

Також вони можуть використовуватись при розробці нових засобів зниження помітності в інфрачервоному діапазоні довжин хвиль та оцінці ефективності існуючих й перспективних засобів зниження помітності від апаратури тепловізійної розвідки.

Список використаних джерел:

1. Как защититься или спрятаться от тепловизора?! Авторский блог Дмитрия Карнеева. – Режим доступа: <http://www.karneeв.com/2012/01/blog-post.html>.
2. Стаховський О.В. Вирішення танковими (механізованими) підрозділами задачі маскування / О.В.Стаховський // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. –№ 1(21). С. 87-90.
3. Ефективність заходів радіоелектронного захисту об'єктів від радіометричних систем виявлення за рахунок використання спеціальних покриттів / Р.Г. Сидоренко, Г.В. Акулінін, С.А. Безверхий, А.А. Гончаров // Зб. наукових праць ХНУПС. – Х.: ХНУПС. – 2019. Вип. 2 (60). С. 106-112.

**Возний Олександр Васильович**, старший викладач кафедри військової підготовки Вінницького національного аграрного університету, Вінниця, e-mail: [vozniv.ow@gmail.com](mailto:vozniv.ow@gmail.com).

*Voznyi Oleksandr*, senior teacher of department of military preparation of the Vinnytsya national agrarian university, Vinnytsya, e-mail: [vozniv.ow@gmail.com](mailto:vozniv.ow@gmail.com).