

УДК 621.384.3

*І.В. Карпенко, студентка гр. ПО-62м, В.Г. Колобродов, д.т.н., професор,
Є.Г. Балінський, к. т. н., доцент, Б.В. Сокол, студент гр. ПО-62м
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ МАКСИМАЛЬНОЇ ДАЛЬНОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ПРИЦІЛУ

Анотація. В даній роботі розроблено методику розрахунку максимальної дальності розпізнавання тепловізійним прицілом об'єкта спостереження, який розташований на рівномірному фоні. Отримано загальне рівняння для розрахунку максимальної дальності розпізнавання та розроблено алгоритм розрахунку, за допомогою якого встановлено, що максимальна дальність розпізнавання становить 2648м.

Ключові слова: тепловізійний приціл, максимальна дальність розпізнавання.

ВСТУП

На сьогоднішній день стрімко розвиваються системи оптико-електронного спостереження до яких відноситься і тепловізійний приціл. Основна задача таких систем – це виявлення об'єкта спостереження на максимальній дальності розпізнавання. Тому при розробці тепловізійних прицілів велику увагу приділяють максимальній дальності розпізнавання, що є однією з важливих та визначальних характеристик, що визначає потенційні можливості приладу.

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ МАКСИМАЛЬНОЇ ДАЛЬНОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ

Максимальна дальність розпізнавання (MRR) R_d – це максимальна дальність між тепловізійним прицілом і стандартним тест-об'єктом, при якій тест-об'єкт виявляється на екрані дисплея[1]. Максимальна дальність розпізнавання залежить від наступних параметрів тепловізора[2]:

- просторова роздільна здатність,
- енергетична роздільна здатність,
- функція передачі сигналу,
- передавальна функція,
- еквівалентна шуму різниця температур,
- робочий спектральний діапазон.

Розглянемо випадок, коли тепловізійна система є контрастно обмеженою та має рівномірний фон, на який проектується об'єкт.

Для розпізнавання об'єкта необхідно, щоб уздовж його критичного розміру l_{cr} розміщувалось N_r штрихів, тобто:

$$l_{cr} = 2N_r \delta V \quad (1)$$

де N_r визначається конкретним критерієм розпізнавання.

Для двовимірної моделі зображення, в якій про об'єкт спостереження зосереджена по усій площі об'єкта інформація, критичний розмір розраховують за наступною формулою:

$$l_{cr} = \sqrt{V_t W_t} \quad (2)$$

Згідно з критерієм Джонсона для розпізнавання об'єктів військового

призначення потрібно, щоб $N_r = 4 \pm 1$. Цей критерій був розроблений для систем з великим відношенням сигнал/шум. Тобто такі тепловізійні системи спостереження були обмежені контрастом, а критерій Джонсона буде справедливим тільки для контрастно обмежених систем.

Вихідним для розрахунку максимальної дальності розпізнавання контрастно обмеженої системи є рівняння, в якому кутову просторову частоту ν_{res} визначають у просторі «дисплей – оператор»:

$$M_s(\nu_{res}) = C_{E,th}(\nu_{res}), \quad (3)$$

де $M_s(\nu_{res})$ – модуляційна передавальна функція тепловізійної системи.

Модуляційна передавальна функція (МПВ) тепловізійної системи спостереження $M_s(\nu_{res})$ може мати максимальне значення, якщо оптична система є дифракційно обмеженою, а електронний тракт і дисплей не вносять додаткових спотворень у зображення об'єкта спостереження. У цьому випадку радіус кружка розсіювання тепловізійної системи спостереження r_s у формулі

$$M_s(\nu_{res}) = \exp(-2\pi^2 r_s^2 \nu_{res}^2) \quad (4)$$

буде визначатися кутовими розмірами пікселя МПВ α_D і β_D . Для знаходження r_s використовується наступне наближення [3]:

$$r_s = 0,28 \sqrt{\alpha_D \beta_D} \quad (5)$$

Кутові розміри пікселя визначаються формулою:

$$\alpha_D \beta_D = \frac{A_D}{f_{об}^2} = \frac{V_D W_D}{f_{об}^2} \quad (6)$$

де V_D , W_D – розміри пікселя, $f'_{об}$ – фокусна відстань об'єктива.

З урахуванням формул [3]:

$$M_s(\nu_{res}) = \exp(-2\pi^2 r_s^2 \nu_{res}^2) \quad (7)$$

$$C_{E,th}(\nu_{res}) = \frac{C_E}{\exp(-c_1 \nu_{res}) - \exp(-c_2 \nu_{res})} \quad (8)$$

запишемо рівняння:

$$M_s(\nu_{res}) = C_{E,th}(\nu_{res}) \quad (9)$$

перепишемо дане рівняння

$$\exp(-2\pi^2 r_s^2 \nu_{res}^2) = C_{E,th}(\nu_{res}) \quad (10)$$

або у наступному вигляді

$$\exp(-1,137 \nu_{res}^2) = \frac{0,01033}{\exp(-1,986 \nu_{res}) - \exp(-5,673 \nu_{res})} \quad (11)$$

Максимальна дальність розпізнавання розраховується за формулою:

$$R_d = \frac{v_{res} l_{cr} |\Gamma|}{N_r}, \quad (12)$$

де Γ – видиме збільшення, N_r – кількість штрихів.

Кількість штрихів уздовж критичного розміру об'єкта можна знайти в таблиці для ймовірності розпізнавання, що знаходиться в [3].

ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ МАКСИМАЛЬНОЇ ДАЛЬНОСТІ РОЗПІЗНАВАННЯ

В якості прикладу застосування представленого методу розрахунку максимальної дальності розпізнавання R_d розглянемо тепловізійний приціл, який має наступні параметри: фокусна відстань об'єктива $f'_{об}$ – 81,3 мм, видиме збільшення оптичної системи $\Gamma = 4^x$, розмір пікселя $V_D \times W_D = 25 \times 25$ мкм². Згідно стандарту НАТО 4347 тест - об'єкт являє собою квадрат розміром $V_t \times W_t = 2.3 \times 2.3$ м² з температурним контрастом $\Delta T = 5$ К і розташований на рівномірному фоні $T_b = 303$ К. Імовірність розпізнавання об'єкта $P_r = 0.979$.

Алгоритм застосування методу наступний:

1. Критичний розмір об'єкта розрахуємо за формулою (2):

$$l_{cr} = \sqrt{V_t W_t} = 2,3$$

2. Кутові розміри пікселя розрахуємо із співвідношення (6):

$$\alpha_D \beta_D = \frac{A_D}{f_{об}^2} = \frac{V_D W_D}{f_{об}^2} = \frac{25^2 \cdot 10^{-6}}{81,3^2} = 0,4569 \text{ мрад}^2.$$

3. Для знаходження r_s скористаємося наближенням (5):

$$r_s = 0,28 \sqrt{\alpha_D \beta_D} = 0,189 \text{ мрад}$$

4. Скористаємося трансцендентним рівнянням (11) для знаходження v_{res} . Розв'язком цього рівняння є $v_{res} = 1,49 \text{ мрад}^{-1}$.
5. Знаходимо кількість штрихів уздовж критичного розміру об'єкта із таблиці [3]. Звідки $N_r = 5$.
6. Розрахуємо максимальну дальність розпізнавання за формулою (12):

$$R_d = \frac{1,49 \cdot 10^3 \cdot 2,3 \cdot 4}{5} = 2648 \text{ м}$$

Отже, отриманий результат $R_r = 2648$ м є максимальною дальністю розпізнавання тепловізійного прицілу.

ВИСНОВОК

Запропонована математична модель системи «об'єкт спостереження – фон – тепловізійний приціл», дозволяє отримати рівняння для розрахунку максимальної дальності розпізнавання об'єкта, що знаходиться на рівномірному фоні. Подальші дослідження слід спрямувати на оптимізацію параметрів тепловізійного прицілу з метою збільшення максимальної дальності розпізнавання

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Филатов Г. Развитие подвижных наземных комплексов оптико-электронных средств разведки СВ за рубежом / Г. Филатов, С. Якобсон, Н. Беглова // Зарубежное военное обозрение. – 2002. – No 1. – С. 17 – 19.
2. Глущенко А. Р. Танковые ночные системы и приборы наблюдения / А. Р. Глущенко, В. И. Гордиенко, А. В. Бурак, А. Ю. Денисенко. – Черкассы: ПП Чабаненко Ю. А., 2007. – 442 с.
3. Колобродов В. Г. Проектування тепловізійних і телевізійних систем спостереження /В. Г. Колобродов, М. І. Лихоліт. – К.: НТУУ “КПІ”, 2007. – 364 с.