

## **УДК 62-50**

*Р.А. Пашков, студент гр. ПО-81мп, к.ф.-м.н., ст. викл. Балахонова Н.О.  
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

# **РОЗДІЛЬНА ЗДАТНІСТЬ ПРИЛАДІВ ТЕПЛОВІЗОРІВ ЗА КРИТЕРІЯМИ ДЖОНСОНА**

**Анотація.** Розглянуті критерії Джонсона для визначення роздільної здатності тепловізорів. Остання величина розрахована для геометричних параметрів людини, автомобіля і танка при різних відстанях від цих об'єктів до приладу. Отримані значення можуть допомогти при проектуванні тепловізора.

**Ключові слова:** тепловізор, прилад нічного бачення, роздільна здатність, критерії Джонсона.

## **ВСТУП**

Роздільна здатність (РЗ) характеризує можливість оптичної електронної системи роздільно відтворювати дві, розташовані близько одна від одної точки, або лінії. Для оптичних систем РЗ визначається критерієм Релея [1]. Для кількісної характеристики РЗ оптичних приладів військового призначення у 50-60 рр. XX сторіччя співробітником науково-дослідної лабораторії армії США був розроблений критерій, названий на його честь, критерієм Джонсона [2-3]. Джонсон визначив експериментально значення роздільної здатності, необхідні для розрізнення зображень об'єктів, що спостерігаються в приладах нічного бачення (ПНБ) на основі електронно-оптичних перетворювачів (ЕОП). Ці значення не враховують як характеристики об'єкту (контраст з фоном, форма, особливості контуру об'єкту), так і характеристики фону (яскравість, рівномірність фону), погодні умови (хмарність, опади, запиленість повітря), характеристики спостерігача (тренованість розпізнавати об'єкти, гострота і стомлення зору) і тактичні параметри спостереження (площа зони пошуку, час пошуку) [4]. Але критерії Джонсона дозволяють приблизно оцінити або геометричні розміри цілі, дальність їх виявлення, або характеристик ЕОП.

## **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ**

Метою дослідження є розрахунок РЗ, необхідної для здійснення виявлення таких об'єктів, як людина, автомобіль, танк з ймовірністю 0.8 для об'єктів з різною фокусною відстанню при певній відстані (50, 100, 150 та 200 м) до вказаних об'єктів.

## **КРИТЕРІЇ ДЖОНСОНА**

Джонсон виокремив чотири рівні розрізнення об'єктів у порядку підвищення інформативності [3]:

- виявлення;
- орієнтація;
- розпізнавання;
- ідентифікація.

Для кожного рівня було зроблене співставлення мінімально необхідного значення РЗ, зазначеної в парах ліній (міра), що укладаються в найменший розмір об'єкту (критичний розмір цілі), що спостерігається (рис. 1) [3] – в кількості штрихів на 1 мм.

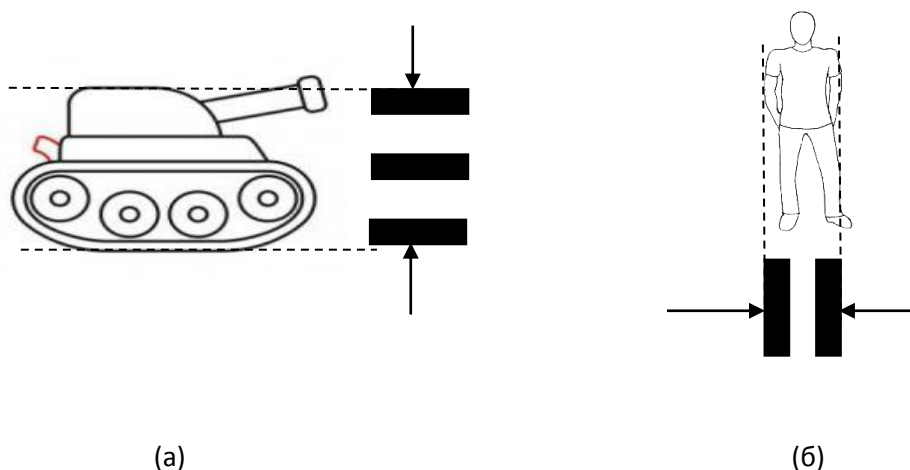


Рисунок 1. Співставлення штрихової міри для визначення необхідної роздільної здатності на критичний розмір для (а) – танку, (б) – людини

Інколи РЗ може бути вказана у кутових секундах або хвилинах – наприклад, кількість штрихів на секунду.

РЗ є тим більшою, чим більше штрихів припадає на 1 мм і чим їх менше на 1 хвилину. Чим більше РЗ, тим чіткіше зображення, що виводиться на екран ПНБ. При виведенні зображення на екран тепловізора, чи відеокамери, роздільна здатність буде дорівнювати кількості телевізійних ліній, або пікселів на мм. Таблиця значень роздільної здатності для чотирьох рівнів розрізнення об'єктів для ЕОП та тепловізорів представлена у табл. 1.

Таблиця 1. Значення роздільної здатності для чотирьох рівнів розрізнення об'єктів для ЕОП та тепловізорів за критеріями Джонсона [3], при якому ймовірність виявлення порогового значення сигналу від об'єкта складає 50%

Рівні розрізнення об'єктів	Роздільна здатність на мінімальний розмір $N$	
	Для ліній ЕОП	Для ліній в тепловізорах
Виявлення	$1.0 \pm 0.25$	$2.0 \pm 0.5$
Орієнтація	$1.4 \pm 0.35$	$2.8 \pm 0.7$
Розпізнавання	$4.0 \pm 0.8$	$8.0 \pm 1.6$
Ідентифікація	$6.4 \pm 1.5$	$12.8 \pm 3.0$

Значення коефіцієнтів перерахунку роздільної здатності в залежності від потрібної ймовірності різних рівнів розрізнення об'єктів наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Коефіцієнти перерахунку критерія Джонсона для різних значень ймовірності  $p$  [4]-[5]

Ймовірність	1	0,95	0,8	0,5	0,3	0,1	0,02
Коефіцієнт	3,0	2,0	1,5	1,0	0,75	0,5	0,25

Зробити оцінку дальності спостереження за певним об'єктом, або розрахувати кількість ліній/пікселів, які дозволяють роздивитись об'єкт з певною ймовірністю на певній відстані  $L$  можна, користуючись імперичною формулою (1)[4]:

$$L = p \cdot F \cdot W / (a \cdot N), \quad (1)$$

де  $p$  - множник з табл. 2 для потрібної ймовірності,

$F$  – фокусна відстань об'єктива,

$W$  – критичний розмір об'єкту,

$a$  – розмір одиничного елементу зображення,

$N$  – значення критерія Джонсона за табл. 1

З (1) витікає, що роздільна здатність є

$$1/a = p \cdot F \cdot W / (L \cdot N). \quad (2)$$

В табл. 3 - представлені розраховані значення РЗ ( $1/a$ ) для виявлення людини (0,6 х 1,8 м), легкового автомобіля (3,5 м х 1,6 м), танку (21,5 м х 9,2 м). Враховуючи, що в формулу (2) в якості  $W$  обирається менший розмір, розрахуємо значення РЗ для відстані об'єктів спостереження від ПНБ 250 м, 100 м, 20 м та 10 м.

Таблиця 3. Розраховані значення РЗ для виявлення людини ( $W=0,6$  м) з ймовірністю  $p=0,8$  в окулярі тепловізора за критеріями Джонсона

	$1/a, 1/\text{мкм}$			
	<i>Відстань, <math>L</math>, м</i>			
$F$ , мм	Виявлення	Орієнтація	Розпізнавання	Ідентифікація
	200	150	100	50
25	17,8	18,7	35,6	28,4
50	8,9	9,3	17,8	14,2
75	5,9	6,2	11,9	9,5
100	4,4	4,7	8,9	7,1

Таблиця 4. Розраховані значення РЗ для виявлення легкового автомобілю з ймовірністю  $p=0,8$  в окулярі тепловізора за критеріями Джонсона

	$1/a, 1/\text{мкм}$			
	<i>Відстань, <math>L</math>, м</i>			
$F$ , мм	Виявлення	Орієнтація	Розпізнавання	Ідентифікація
	200	150	100	50
25	6,7	7,0	13,3	10,7
50	3,3	3,5	6,7	5,3
75	2,2	2,3	4,4	3,6
100	1,7	1,8	3,3	2,7

Під критеріями Джонсона визначення РЗ за різними рівнями виявлення об'єктів в окулярі тепловізора розуміють:

- виявлення – виділення плями, що відповідає об'єкту, на тлі фону;
- орієнтація – виділення напрямку руху плями, що відповідає об'єкту;

- розпізнавання – об’єкт можна віднести до певної категорії – тварина, людина, автомобіль тощо;
- ідентифікація – що об’єкт відповідає певній підкатегорії – наприклад - танк «Оплот».

Таблиця 5. Розраховані значення РЗ для виявлення танку ( $W = 21,5$  м) з ймовірністю  $p = 0,8$  в окулярі тепловізора за критеріями Джонсона

	$1/a, 1/\text{мкм}$			
	Відстань, $L, \text{м}$			
$F, \text{мм}$	Виявлення	Орієнтація	Розпізнавання	Ідентифікація
	200	150	100	50
25	0,5	0,5	0,6	0,8
50	0,2	0,3	0,5	0,4
75	0,2	0,2	0,3	0,3
100	0,1	0,1	0,2	0,2

## ВИСНОВОК

Розглянуті критерії експериментального визначення роздільної здатності тепловізора за критеріями Джонсона та розраховані для різних об’єктів – людини, легкового автомобіля та танка при різній дальності їх виявлення з ймовірністю  $p = 0,8$  в окулярі тепловізора. Розрахунки показали, що для великих об’єктів, розташованих на різних відстанях від окуляру тепловізора, РЗ повинна бути меншою за 1 піксель на 1 мкм для ідентифікації великих об’єктів (танку). І змінюватись в межах від 0,1 до 0,8 пікселів на 1 мкм. Для розпізнавання менших за розміром об’єктів РЗ змінюється в межах від 1,7 до 35,6 пікселів на 1 мкм і має максимум поблизу 100 м. Розраховані значення РЗ можуть допомогти в проектуванні матриці тепловізора для більш ефективного розпізнавання об’єктів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Кучерук І.М. Загальна фізика. Оптика. Квантова фізика/ Кучерук І.М., Дущенко В.Л. – К.: Вища школа, 1991. – С. 133 – 134.
- [2] Johnson J. Analysis of Image Forming Systems. Image Intensifier Symposium, Fort Belvoir, VA, 6-7 October 1958.
- [3] Mohd Junedul. Night Vision Technology: An Overview/ Mohd Junedul Haque and Mohd Muntjir // International Journal of Computer Applications 167(13):37-42, 2017.
- [4] Середовища передавання даних. Лінії зв'язку : [Електронний ресурс]-Режим доступу: <http://wad00m.narod.ru/index/0-7>
- [5] Абрамов С.К. Проблемы и методы автоматического определения характеристик помех на изображениях // С.К. Абрамов, А.А. Зеленский, В.В. Лукин / Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – №2 (35). – С. 25-34.