

## ОЦІНКА ДАЛЬНОСТІ ДІ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО КАНАЛУ ПРИ ВИЯВЛЕННІ БПЛА

Сидоренко Е.В.

Науковий керівник – к.т.н., доц. Шейко С.О.

Харківський національний університет радіоелектроніки  
(61166, Харків, пр. Науки, 14, каф. МІРЕС, тел. (057) 702-15-87)  
e-mail: d\_res@nure.ua

The evaluation of the UAV detection range limited by the noise of the thermal imager is performed in the work. To determine the signal-to-noise ratio according to the formulas, the following initial data were taken: a model describing the dispersed composition of continental temperate air in the summer season; spectral range of heat waves, absolute humidity, meteorological visibility, maximum length of the route. It is shown that the sensitivity of most modern thermal imagers is sufficient to detect UAVs at distances greater than 3 km. Therefore, the main limiting factor is the fulfillment of Johnson's criterion.

Для виявлення БПЛА використовують радіолокаційні, радіочастотні, акустичні і оптико-електронні методи і їх комплексування [1, 2]. В даній роботі розглядається тепловізійний канал на довжинах хвиль 7-14 мкм. Задача роботи – оцінити дальність виявлення БПЛА, обмежену шумами тепловізора.

Дальність виявлення, обмежена відношенням сигнал-шум:

$$SNR = \frac{\Delta T \cdot \tau_a(\Delta\lambda)}{\Delta T_{ш}}, \quad (1)$$

де  $\Delta T$  – значення теплового контрасту об'єкту спостереження;  $\tau_a$  – коефіцієнт пропускання атмосфери для заданого спектрального діапазону;  $\Delta T_{ш}$  – еквівалентна шумова різниця температур.

Значення  $\Delta T_{ш}$  для більшості сучасних тепловізорів не гірше 50 мК. Визначення коефіцієнта  $\tau_a$  виконаємо по методиці, яка враховує спектральний діапазон ТПВ, кліматичний регіон застосування тепловізора, абсолютну вологість повітря, метеорологічну дальність видимості і довжину траси спостереження. Середня величина коефіцієнта пропускання атмосфери для спектрального діапазону  $\Delta\lambda$  розраховується за формулою

$$\tau_a(\Delta\lambda) = \tau_a^M(\Delta\lambda) \cdot \tau_a^a(\Delta\lambda), \quad (2)$$

де  $\tau_a^M(\Delta\lambda)$  – коефіцієнт пропускання атмосфери, який характеризує поглинання тепла атмосферними газами,  $\tau_a^a(\Delta\lambda)$  – коефіцієнт пропускання атмосфери, який характеризує теплові втрати через вологість повітря.

Вважатимемо, що система виявлення БПЛА оснащена автоматом захоплення тепловізійного зображення цілей. В роботі [2] вказано, що для впевненого виявлення та супроводу повітряних цілей необхідно

забезпечити, відношення сигнал-шум в тепловізійних каналах не менше 6. Це значення є пороговим показником тепловізійного каналу захоплення цілей на різних дальностях.

Для визначення величин за формулами (1) і (2) і характеристик, які входять до них, приймалися такі вихідні дані: модель, що описує дисперсний склад континентального помірного повітря в літній сезон; спектральний діапазон 7-14 мкм; абсолютна вологість повітря 10 г/м<sup>3</sup>; метеорологічна дальність видимості 15 км; максимальна протяжність траси 10 км.

Отримані відношення сигнал-шум в відеосигналі тепловізора з  $\Delta T_{ш} = 50$  мК за умови виявлення малорозмірних БПЛА з радіаційними контрастами  $\Delta T$  від 0,5 до 2 К на дальностях до 10 км (рис. 1).

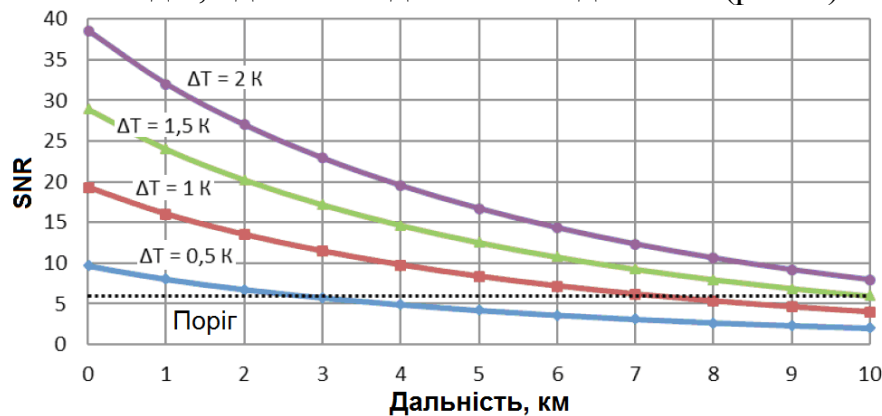


Рис. 1

Аналіз графіків, наведених на рис. 1 показує, що чутливості більшості сучасних тепловізорів вистачає для виявлення БПЛА на відстанях більше 3 км. В такому разі, головним обмежуючим фактором для надійного виявлення, розпізнавання і ідентифікації малорозмірних БПЛА є виконання критерію Джонсона, згідно якого мінімальний (критичний) розмір об'єкта в площині матричного перетворювача повинен дорівнювати певній кількості чутливих елементів.

Перелік джерел:

1. И.В. Корытцев, С.А. Шейко, В.М. Карташов, О.В. Зубков, В.Н. Олейников, С.И. Бабкин, И.С. Селезнев. Обработка сигналов при пеленгации и определении дальности до малоразмерных БПЛА в оптическом и инфракрасном диапазонах // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2020. – Вып. 202. – С. 125 – 134.

2. В.М. Карташов, В.Н. Олейников, М.М. Колендовская, Л.П. Тимошенко, Н.В. Рыбников, А.И. Капуста. Комплексирование изображений при обнаружении беспилотных летательных аппаратов // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. – 2020. – Вып. 201. – С. 120 – 129.