

УДК 623.74:327.84(07)

Б.М. Іващук, Р.В. Приступа, А.Д. Бердочник

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ФОТОГРАФІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ НА СУЧАСНИХ БПЛА

В статті приводиться порівняльний аналіз результатів ефективності застосування фотографічного обладнання за різкісними характеристиками сучасних безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для цілей повітряного спостереження.

**Ключові слова:** детальність, БПЛА, ймовірність розпізнавання об'єктів, дистанційне зондування Землі, повітряне спостереження, кут поля зору.

### Вступ

На сьогоднішній день засоби повітряного спостереження є одним із основних напрямків розвитку передових технологій. Тому серед великої кількості запропонованих БПЛА (безпілотних літальних апаратів) важко визначити які саме є найбільш ефективними. Найчастіше сучасні БПЛА порівнюють за льотно – технічними характеристиками зручністю експлуатації, пропускну здатністю передачі інформації і т.д., але мало уваги приділяється аналізу їх різкісних характеристик, що є важливим для виявлення об'єктів повітряного спостереження.

**Метою статті** є порівняльний аналіз за графо - аналітичним методом фотографічного обладнання на сучасних БПЛА для визначення їх ефективного оперативного застосування.

### Виклад основного матеріалу

В умовах технічного прогресу ДЗЗ (дистанційне зондування Землі) займає одне із важливих місць, щодо моніторингу навколишнього середовища в цілях екологічної безпеки, а також спеціальних задач для силових структур (Державної Прикордонної служби України, Міністерства Надзвичайних Ситуацій, Міністерства Внутрішніх Справ, Збройних сил України). Поряд із засобами ДЗЗ космічного базування широкого практичного застосування набули сучасні БПЛА повітряного спостереження.

Періодичність повторення сезонних стихійних лих, техногенні катастрофи та інші надзвичайні ситуації, вимагають контролю з повітря, щоб правильно оцінити всі обставини для прийняття відповідних рішень. Використання засобів повітряного спостереження, а зокрема БПЛА, дає змогу безперервно отримувати оперативну інформацію з району спостереження, що значно підвищує контроль над ситуацією і значно полегшує визначення реальної оцінки загрози.

Але серед великої кількості БПЛА на світовому ринку важко визначити яке саме фотографічне обладнання доцільно використовувати для повітряного

спостереження за конкретних умов та поставлених завдань, тому оцінка ефективності фотографічної системи – є одним з основних етапів при плануванні на ведення повітряного спостереження.

Для визначення ефективності застосування БПЛА по загальним показникам (ширина захоплення –  $W$ , висота польоту –  $H$ , кут поля зору –  $\beta$ ) та різкісним параметрам (розрізнявальна здатність -  $R$ , детальність –  $d$ , миттєвий кут поля зору елементарного інформаційного каналу –  $\gamma$  і т.д.) застосовувався графоаналітичний метод, запропонований Ребріним Ю.К. Даний метод використовується при порівняльній оцінці тактико-технічних можливостей однакових та різних по принципу дії іконічних оптико-електронних систем повітряного спостереження (фотографічних, теплових, лазерних та телевізійних) [1].

Для порівняння обрано БПЛА оперативної дії, які пропонуються на світовому ринку:

США – БПЛА RQ-11 Raven;  
Великобританія - БПЛА Phoenix;  
Росія – БПЛА Пчела-1т;  
СРСР – БПЛА Ту-141 "Стриж".

Порівняння ефективності застосування фотообладнання БПЛА проводиться на основі аналізу ймовірності визначення конкретного об'єкту – вантажівки (довжина  $L - 5$  м, ширина  $Z - 2,5$  м) в діапазоні висот: 200 – 1000 м, в залежності від розрізнявальної здатності фотографічних систем БПЛА.

Розрахунок та побудова графіків проводилась за наступними співвідношеннями:

$$d = \gamma \cdot H, \quad (1)$$

де  $d$  – детальність знімку, мм;

$\gamma$  – миттєвий кут поля зору системи, рад;

$H$  – висота фотографування, м,

$$P = e^{-\left(\frac{B-d}{L}\right)^2}, \quad (2)$$

де  $P$  – ймовірність розпізнавання об'єкту розвідки;

$B$  – коефіцієнт розпізнавання форми;

$d$  – детальність знімку, м;

L – геометричний розмір об’єкту (довжина, діагональ, ширина і т.д.), м;

$$B = \left(\frac{G \cdot R}{S}\right)^{\frac{1}{2}}, \quad (3)$$

де B – коефіцієнт розпізнавання форми;

G – периметр розрахований по контуру обраного

об’єкта, м;

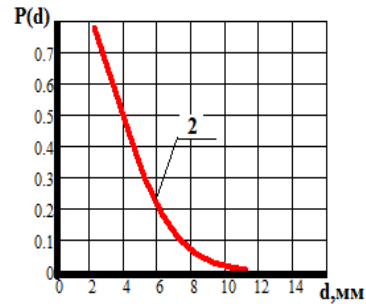
R – радіус вписаного та описаного кіл, м;

S – площа об’єкту, м [2].

Зображення БПЛА RQ-11 Raven, Phoenix, Пчела -1т та Ту-141 Стриж представлено на рис. 1, а – 4, а. Залежність P(d) відповідно на рис. 1, б – 4, б. В табл. 1 – 4 приведені ТТХ БПЛА [3 – 5].



а

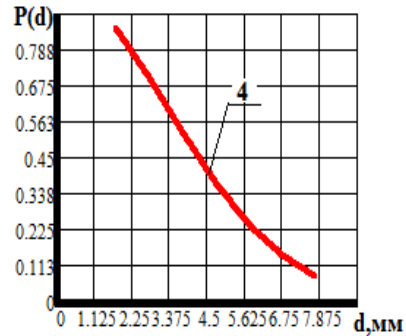


б

Рис. 1. БПЛА RQ-11 Raven – а; залежність P(d) – б



а



б

Рис. 2. БПЛА Phoenix – а; залежність P(d) – б

Таблиця 1

ТТХ БПЛА RQ-1Raven

Розмах крила, м	1,5
Вага, кг	1,7
Довжина, см	96
Швидкість, км/г	95
Практична стеля, м	5000
Кут поля зору ОЕС, рад.	1,134
Корисне навантаження	ТВ і Ф камера

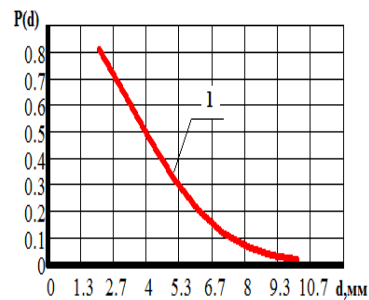
Таблиця 2

ТТХ БПЛА Phoenix

Розмах крила, м	4,20
Вага, кг	140
Довжина, см	340
Швидкість, км/г	185
Практична стеля, м	12750
Кут поля зору ОЕС, рад.	0,875
Корисне навантаження	ТВ, Ф, ІЧ камера



а



б

Рис. 3. БПЛА Пчела -1т – а; залежність P(d) – б



а



б

Рис. 4. БПЛА Ту-141 Стриж – а; залежність P(d) – б

Таблиця 3

ТТХ БПЛА Пчела -1т

Розмах крила, м	3,30
Вага, кг	138
Довжина, см	280
Швидкість, км/г	160
Практична стеля, м	2000
Кут поля зору ОЕС, рад.	1,047
Корисне навантаження	ТВ, Ф, ІЧ камера

Таблиця 4

ТТХ БПЛА Ту-141 Стриж

Розмах крила, м	3,88
Вага, кг	5370
Довжина, см	14,33
Швидкість, км/г	1110
Практична стеля, м	6000
Кут поля зору ОЕС, рад.	0,698
Корисне навантаження	ТВ, Ф, ІЧ камера

Аналіз даних, наведених на рис. 1, а – 4, а показує наступне. При максимальному значенні ймовірності розпізнавання – 0,894, відповідає найвище значення детальності фотографічної системи БПЛА Стриж – 1,41 мм, що серед систем які порівнюються є найкращим показником. Відповідно максимальна ймовірність розпізнавання ОЕС БПЛА Phoenix – на 0,052 разів менше від попередньої системи. Найнижчим показником порівнянних систем ймовірність розпізнавання ОЕС БПЛА RQ-11 Raven становить 0,475, а детальність 4,094.

На рис. 5 приведені графіки залежності  $d(H)$  фотографічних систем БПЛА

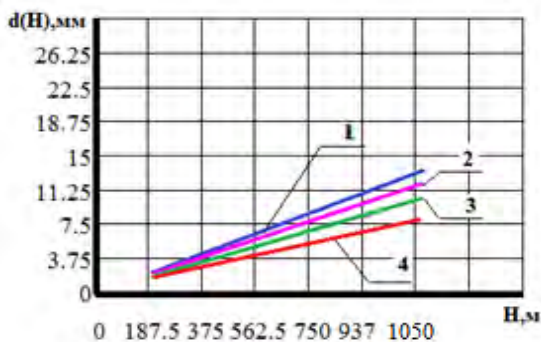


Рис. 5. Залежність  $d(H)$ : 1 – БПЛА RQ-11 Raven; 2 – БПЛА Пчела -1т; 3 – БПЛА Phoenix, 4 – БПЛА Стриж

З графіків слідує, що на висоті 1000м детальність системи БПЛА Стриж складає – 6,98мм, коли за такої ж висоти значення детальності Phoenix на

25% менше, а фотографічна система БПЛА Пчела -1т – на 50%, і відповідно різниця детальності системи БПЛА RQ-11 Raven складає 20,47мм, що є вкрай низьким показником.

Таким чином, фотографічна система БПЛА Стриж має перевагу за різкішими характеристиками, порівняно з фотографічними системами сучасних БПЛА, які використовуються для повітряного спостереження.

### Висновки

Для цілей повітряного спостереження важливим показником являється ймовірність визначення того чи іншого об'єкту. Цей показник залежить від детальності фотографічної системи, кута поля зору системи та висот застосування БПЛА на якій стоїть дана система. Ймовірність визначення об'єкту має становити не нижче 0,8 на висоті 1000 м. Проведений аналіз фотографічного обладнання та БПЛА графо-аналітичним методом показав, що аналогові аерофотоапарати перевищують по детальності сучасні фотографічні системи які стоять на БПЛА RQ-11 Raven, Пчела-1т, Phoenix на 0.348 разів, та дозволяють виконувати оперативні завдання окрім БПЛА RQ-11 Raven. Таким чином, малі габарити, легкість в експлуатації, швидка та зручна обробка інформації сучасних БПЛА поступаються різкісним властивостям щодо виявлення об'єктів фотографічній системі БПЛА Стриж. В подальшому необхідно провести дослідження, щодо оцінки БПЛА по їх загальним показникам ефективності та іншим (по-

перечне та повздовжнє захоплення місцевості, час ведення повітряного спостереження, масштаб отриманого зображення). Це дасть змогу порівнювати БПЛА в наступних випадках:

- при закупці нових БПЛА для прийняття на озброєння;
- перевірки фотографічного обладнання перед виконанням поставлених задач;
- при виборі БПЛА з його фотографічним обладнанням на конкретну задачу повітряного спостереження.

### Список літератури

1. Ребрин Ю.К. Оптика – электронное разведывательное оборудование летательных аппаратов / Ю.К. Ребрин. – К.: КВВАИУ, 1984. – 350 с.

2. Моисеев В.Л. Фотограмметрическая обработка и дешифрирование аэроснимков. Ч. II / В.Л. Моисеев, М.А. Попов. – К.: КИВВС, 1992. – 336 с.

3. Ильин В. Беспилотные летательные аппараты: состояние и перспективы развития / В. Ильин // Вестник Авиации и космонавтики. – 2001. – №6. – С. 16-25.

4. Краснов А. Беспилотные летательные аппараты: от разведки к боевым действиям / А. Краснов, А. Путилин // ЗВО. – 2004. – № 5. – 15 с.

5. Воронин Е. Обеспечение сухопутных войск США оперативной информацией о местности / Е. Воронин, В. Кашин, Л. Яблонский // ЗВО. – 2006. – № 14. – 16 с.

Надійшла до редколегії 9.09.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.А. Калкманов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФОТОГРАФИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА СОВРЕМЕННЫХ БПЛА

Б.М. Ивашук, Р.В. Приступа, А.Д. Бердоchnik

*В статье приводится сравнительный анализ результатов эффективности применения фотографического оборудования по резкостным характеристикам современных беспилотных летательных аппаратов для целей воздушного наблюдения.*

**Ключевые слова:** *детальность, БПЛА, вероятность распознавания объектов, дистанционное зондирование Земли, воздушное наблюдение, угол поля зрения.*

### EFFICIENCY OF APPLICATION OF PHOTOGRAPHIC EQUIPMENT ON MODERN BPLA

B.M. Ivaschuk, R.V. Pristupa, A.D. Berdochnik

*In the article the comparative analysis of results of efficiency of application of photographic equipment is presented after sharpness descriptions of modern pilotless aircrafts for the aims of air supervision.*

**Keywords:** *detailed, BPLA, probability of recognition of objects, remote sensing of Earth, air supervision, corner of eyeshot.*