

УДК 621.3

Б.М. Іващук<sup>1</sup>, В.П. Петров<sup>1</sup>, В.М. Дурач<sup>2</sup>, М.М. Іващук<sup>1</sup><sup>1</sup> Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків<sup>2</sup> Академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ФОТОГРАФІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ НА СУЧАСНИХ ЛІТАКАХ

В статті приводиться порівняльний аналіз результатів ефективності застосування фотографічного обладнання по різкісним характеристикам сучасних літаків для цілей повітряного спостереження.

**Ключові слова:** детальність, ймовірність розпізнавання об'єктів, дистанційне зондування Землі (ДЗЗ), повітряне спостереження, кут поля зору, оптико-електронна система (ОЕС).

### Вступ

На сьогоднішній день засоби повітряного спостереження є одним із основних напрямків розвитку передових технологій. Найчастіше сучасні літаки порівнюють за льотно-технічними характеристиками, зручністю експлуатації, пропускною 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 графоаналітичним методом фотографічного обладнання на сучасних літаках для визначення їх ефективного оперативного застосування.

### Виклад основного матеріалу

В умовах технічного прогресу дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) 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 літаки 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 літаків, 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 літаків на світовому ринку важко визначити, яке саме фотографічне обладнання доцільно використовувати для повітряного спостереження за конкретних умов та поставлених завдань, тому оцінка ефективності фотографі-

чної системи є одним з основних етапів при плануванні на ведення повітряного спостереження.

Для визначення ефективності застосування літаків 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 (ОЕС) повітряного спостереження (фотографічних, теплових, лазерних та телевізійних) [1].

Для порівняння обрано літаки країн-учасниць договору «Відкрите небо» (ДВН):

США – літак ОС-135В;

Німеччина – літак Ту-154М;

Російська Федерація – літак Ту-154М, Ту-214ОН;

Україна – літак Ан-30Б.

Порівняння ефективності застосування фотообладнання літаків проводиться на основі аналізу ймовірності визначення конкретного об'єкту – військової техніки сухопутних військ автомобіля «Урал-4320» (довжина  $L$  – 7,4 м, ширина  $Z$  – 2,5 м) в діапазоні висот – 500 – 10000 м, в залежності від розрізнявальної здатності фотографічних систем літаків.

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, км,

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

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,

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

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<sup>2</sup> [2].

Зображення літаків ОС-135В, Ту-154М, Ту-214ОН, Ан-30Б представлено на рис. 1, а – 5, а. Залежність  $P(d)$  – відповідно на рис. 1, б – 5, б. В табл. 1 наведено значення кута поля зору фотографічного обладнання літаків спостереження.

Таблиця 1

Значення кута поля зору фотографічного обладнання літаків спостереження

Тип літака	Тип ОЕС	Кут поля зору ОЕС, рад
ОС-135В (США)	КС-87Е(1)	1.29
	КС-87Е(2)	0.72
Ту-154М (Німеччина)	ЛКМ 2009	1.81
Ту-154М (Російська Федерація)	АФА-41/20	1.13
	АФА-41/10	1.81
Ту-214ОН (Російська Федерація)	АК-111	1.14
	АК-112	0.58
Ан-30Б (Україна)	АФА-41/7.5	2.0
	АФА-41/10	1.81



Рис. 1, а. Літак ОС-135В (США)

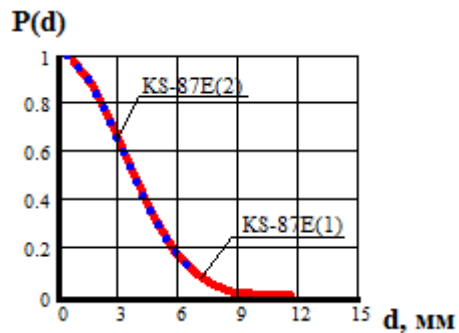


Рис. 1, б. Залежність  $P(d)$  (літак ОС-135В (США))



Рис. 2, а. Літак Ту-154М (Німеччина)

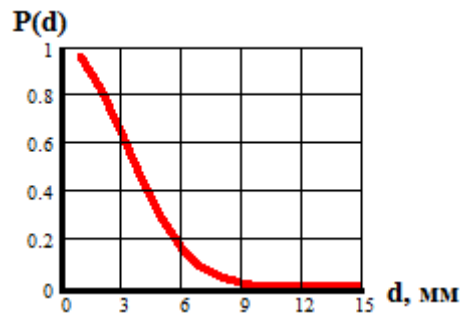


Рис. 2, б. Залежність  $P(d)$  (літак Ту-154М (Німеччина))



Рис. 3, а. Літак Ту-154М (Російська Федерація)

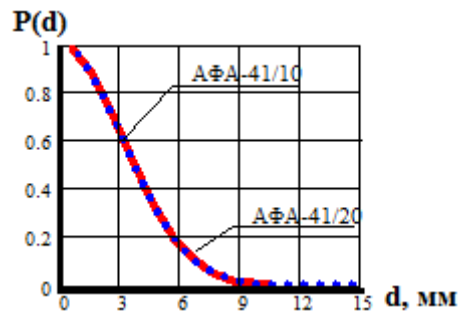


Рис. 3, б. Залежність  $P(d)$  (літак Ту-154М (Російська Федерація))

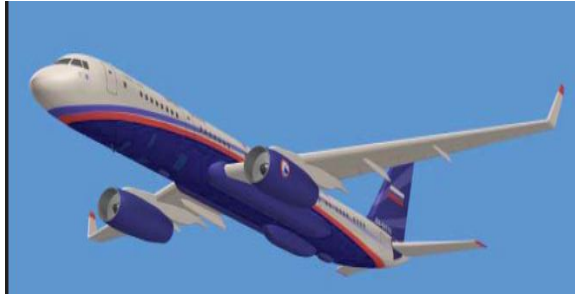


Рис. 4, а. Літак Ту-214ОН  
(Російська Федерація)

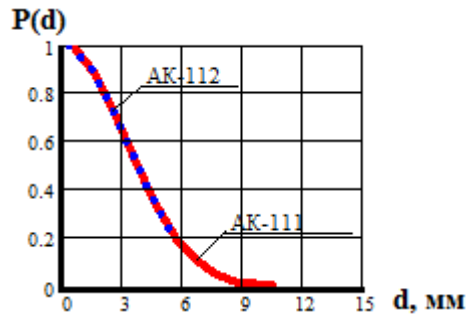


Рис. 4, б. Залежність  $P(d)$   
(літак Ту-214ОН (Російська Федерація))



Рис. 5, а. Літак Ан-30Б (Україна)

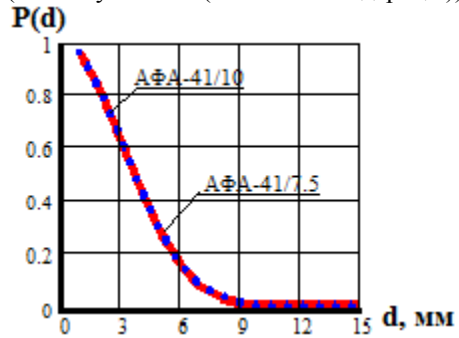


Рис. 5, б. Залежність  $P(d)$   
(літак Ан-30Б (Україна))

Аналіз даних, наведених на рис. 1, б – 5, б, показує, що максимальне значення ймовірності розпізнавання серед порівняних систем на заданих висотах у фотографічній системі літака Ту-214ОН (Російська Федерація) – 0.996. Відповідно максимальна ймовірність розпізнавання ОЕС літака ОС-135В (США) – на 0.003 менше від попередньої системи, літака Ту-154М (Російська Федерація) – на 0.012, а літаків Ту-154М (Німеччина) та Ан-30Б (Україна) – менше на 0.037.

Оскільки детальність  $d$  залежить від висоти  $H$  застосування фотографічної системи, було побудовано залежність  $d(H)$  фотографічних систем літаків спостереження (рис. 6).

Дані залежності дозволяють визначити, з якою детальністю буде знімати фотографічна система на різних висотах. Як видно з рис. 6, літаки Ту-214ОН (Російська Федерація) та ОС-135В (США) за різкими характеристиками фотографічного обладнання мають перевагу.

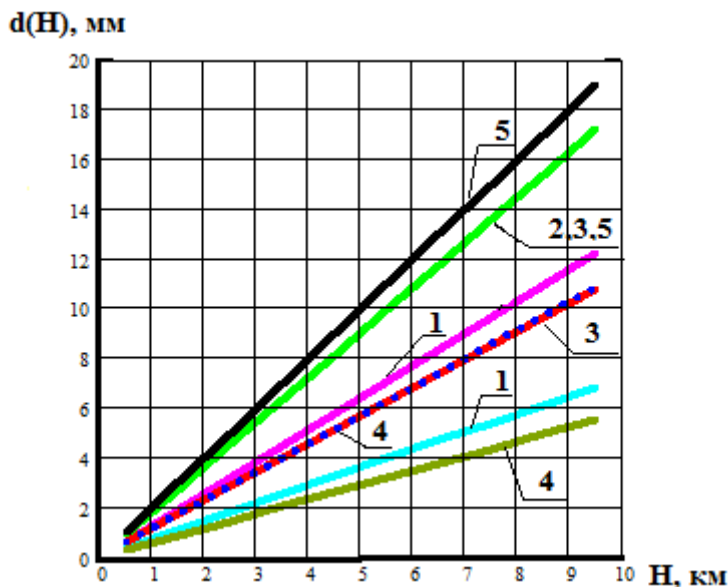


Рис. 6. Залежність  $d(H)$ : 1 – літак ОС-135В (США), 2 – літак Ту-154М (Німеччина), 3 – літак Ту-154М (Російська Федерація), 4 – літак Ту-214ОН (Російська Федерація), 5 – літак Ан-30Б (Україна)

Таким чином, фотографічна система літака Ту-214ОН (Росія) має перевагу по різкісним характеристикам, порівняно з фотографічними системами сучасних літаків, які використовуються для повітряного спостереження.

### Висновки

Для цілей повітряного спостереження важливим показником являється ймовірність визначення об'єкту на місцевості. Цей показник залежить від детальності фотографічної системи, кута поля зору системи та висот застосування літаків. Проведені дослідження показують, що найвища ймовірність розпізнавання об'єкту розвідки (автомобіля «Урал-4320») на висоті 3000 м у фотографічного обладнання літака Ту-214ОН (Російська Федерація) – 0.857. Даний літак прийнятий на озброєння Російською Федерацією в рамках другого етапу ДВН.

Середня висота польоту порівняних літаків – 3000 м. Проведений аналіз показав, що відповідно ймовірність розпізнавання ОЕС літака ОС-135В (США) – 0.789, літака Ту-154М (Російська Федерація) – 0.558, а літаків Ту-154М (Німеччина) та Ан-30Б (Україна) – 0.224. Таким чином, ймовірність розпізнавання даного об'єкту розвідки фотографіч-

ними системами літаків Ту-154М (Російська Федерація), Ту-154М (Німеччина) та Ан-30Б (Україна) не є достатньою для літака другого етапу ДВН.

З проведених досліджень стає зрозумілим, що Україні необхідно створювати літак спостереження другого етапу ДВН, щоб кут поля зору фотографічного обладнання був не нижче ніж 0,6 рад., це дасть змогу більш ефективно виконувати завдання повітряної розвідки.

### Список літератури

1. Ребрин Ю.К. Оптико-электронное разведывательное оборудование летательных аппаратов / Ю.К. Ребрин. – К.: КВВАИУ, 1988. – 450 с.
2. Моисеев В.Л. Фотограмметрическая обработка и дешифрирование аэроснимков. Часть II / В.Л. Моисеев, М.А. Попов. – К.: КИВВС, 1992. – 336 с.
3. Іващук Б.М. Розвідувальне обладнання літальних апаратів / Б.М. Іващук, С.Ю. Маренич, С.І. Овчаренко. – Х.: ХУПС, 2011. – 172 с.
4. Воронин Е. Обеспечение сухопутных войск США оперативной информацией о местности / Е. Воронин, В. Кашин, Л. Яблонский // ЗВО. – 2006. – №14. – 16 с.

Надійшла до редколегії 1.02.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, с.н.с. Є.О. Українець, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФОТОГРАФИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА СОВРЕМЕННЫХ САМОЛЕТАХ

Б.Н. Иващук, В.П. Петров, В.Н. Дурач, Н.Н. Иващук

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

**Ключевые слова:** *детальность, вероятность распознавания объектов, дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ), воздушное наблюдение, угол поля зрения, оптико-электронная система (ОЭС).*

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

B.M. Ivaschuk, V.P. Petrov, V.M. Durach, M.M. Ivaschuk

*In the article the comparative analysis of results of efficiency of application of photographic equipment is presented on resolution descriptions of modern airplanes for the aims of air supervision.*

**Keywords:** *detailed, probability of recognition of objects, remote sensing of Earth (DZZ), air supervision, corner of eye-shot, optical-electronic system (OES).*