

# Літальні апарати: аеродинаміка, силові установки, обладнання, озброєння та застосування

УДК 354.433

DOI: 10.30748/zhups.2018.58.04

О.В. Єфремов, В.М. Горбенко, О.А. Коршець

Національний університет оборони України ім. І. Черняхівського, Київ

## МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПІДРОЗДІЛІВ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ

*В статті розглянуті існуючі підходи щодо оцінювання ефективності застосування підрозділів, озброєних безпілотними авіаційними комплексами. На підставі аналізу умов проведення антитерористичної операції на сході України запропоновано удосконалення методики оцінювання ефективності застосування підрозділів безпілотних авіаційних комплексів в умовах впливу противника не тільки безпосередньо на безпілотні літальні апарати під час виконання ними польотних завдань, а й на підрозділи безпілотних авіаційних комплексів під час їх підготовки до бойового застосування, а саме на етапі висунування та зайняття позиційних районів (розвідувально-ударні дії вогневих засобів противника, мінування шляхів та ділянок місцевості, дії диверсійно-розвідувальних груп та інше).*

**Ключові слова:** підрозділи безпілотних авіаційних комплексів, безпілотні літальні апарати, ефективність застосування, ефективність підготовки, вибір варіанта застосування підрозділів безпілотних авіаційних комплексів.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Сучасний стан боротьби за інформаційну та вогневу перевагу на полі бою висуває жорсткі вимоги щодо скорочення часу циклу виконання розвідувально-ударних завдань. На сьогодні, основним шляхом вирішення даного завдання є постійно зростаюче використання безпілотних літальних апаратів (БпЛА) та обсягу їх завдань. В Збройних Силах України, як і в арміях іноземних держав, ведуться інтенсивні роботи щодо прийняття на озброєння різних типів БпЛА, які розглядаються військовим керівництвом у якості одного з найважливіших засобів підвищення бойових можливостей військ і розширення переліку бойових завдань на якісно новому рівні при суттєвому зниженні втрат особового складу, а також вартісної пілотованої авіаційної техніки під час ведення бойових дій [1–6].

Зростання переліку та різноманітності виконуваних завдань підрозділами безпілотних авіаційних комплексів (БпАК), різноманітність типів БпЛА, їх обладнання вимагають обґрунтованого підходу до оцінювання ефективності їх застосування. В даних умовах вибір раціонального варіанта способу виконання бойового завдання підрозділами БпАК є актуальною задачею, що підтверджується практичним досвідом застосування БпЛА в АТО та операції ОС на Сході України [7].

Таким чином, проведений аналіз дозволяє сформулювати наукове завдання, яке полягає у пошуку

нових шляхів вибору раціонального варіанта способу бойового застосування підрозділів БпАК на підставі оцінювання ефективності виконання бойових завдань БпЛА, що потребує подальшого поглибленого вивчення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проведений аналіз робіт попередників, які досліджували можливі шляхи підвищення ефективності виконання бойових завдань авіацією на основі застосування БпЛА [8–14], свідчить про те, що існує велика кількість наукових робіт з різними підходами та поглядами. Проте, усі вони обмежились виключно дослідженнями способів застосування БпЛА (вибір типу БпЛА, варіанта його обладнання, маршруту польоту, способів та параметрів пошуку, або способів управління польотом, передавання розвідданих та ін.) Не дивлячись на значний обсяг проведених досліджень, є очевидним, що досі не визначено єдиного погляду щодо спроможності комплексної оцінки ефективності застосування підрозділів БпАК в умовах безпосереднього впливу противника, як на БпЛА під час його польоту, так і на підрозділ БпАК, під час підготовки і виконання бойових завдань.

**Мета статті** – удосконалити існуючу методику оцінювання ефективності застосування підрозділів БпАК з урахуванням множин умов, які безпосередньо впливають на вибір способу виконання завдань не тільки на етапі застосування, але й на етапі підготовки.

## Виклад основного матеріалу

Суттєвою особливістю застосування підрозділів БпАК є тривалий процес їх підготовки, а саме вибір можливих позиційних районів та маршрутів висування для їх зайняття. При цьому, одночасно необхідно забезпечити мінімальний час на виконання заходів підготовки та безпеку самих підрозділів. Адже не вчасне зайняття позиційного району та пуску БпЛА призведе до зниження ефективності застосування, а у випадку ураження підрозділу – взагалі до не виконання поставленого бойового завдання.

В смузі дій підрозділу БпАК, кількість позиційних районів (ділянок місцевості), які задовольняють вимогам щодо пуску БпЛА є надзвичайно великою. З іншого боку – не всі позиційні райони є однаковими відносно безпеки самих підрозділів – не ураження підрозділу в позиційному районі за час виконання БпЛА польотного завдання. До кожного позиційного району існує певна кількість можливих шляхів висування, які в свою чергу, також мають оцінюватися не тільки як найкоротші або найшвидші, що забезпечить вчасність пуску БпЛА, але і безпечні – не ураження підрозділу під час висування.

На ефективність виконання завдань підрозділів БпАК безпосередньо впливає безліч чинників, обумовлених умовами обстановки. Доцільно розглядати подібні чинники не кожний окремо, а об'єднавши їх у певні множини умов, що впливають на ефективність, наприклад:

- множина бойових завдань військ,  $\{Z_{БЗ}\}$ ;
- множина бойових завдань підрозділів БпАК,  $\{Z_{БпАК}\}$ ;
- множина техніко-економічних характеристик БпЛА,  $\{X_{БпЛА}\}$ ;
- множина умов експлуатації БпЛА,  $\{E_{БпЛА}\}$ ;
- множина умов бойового застосування БпЛА,  $\{B_{БпЛА}\}$ ;
- множина характеристик людського чинника,  $\{X_{лч}\}$ ;
- множина характеристик природного середовища,  $\{X_{п}\}$ ;
- множина характеристик формувань противника,  $\{X_{пр}\}$ ;
- множина значень часового параметра,  $\{T\}$ .

Основними припущеннями при вирішенні задачі оцінювання ефективності застосування підрозділів БпАК є:

- противник може здійснювати вплив по наших військах;
- підрозділи БпАК спроможні виконувати бойові завдання (боездатні);

– підрозділи БпАК забезпечені необхідними матеріальними засобами і укомплектовані особовим складом згідно штату;

– система управління забезпечує доведення інформації до різних ланок управління військами.

Потрібно оцінити ефективність застосування підрозділів БпАК в умовах впливу противника.

Підрозділи БпАК призначені для виконання бойових завдань з метою створення сприятливих умов для успішного ведення бойових дій військ і зниження ефективності впливу по них противника в будь-яких умовах обстановки. Бойові завдання можуть бути з: повітряної розвідки; радіоелектронної боротьби; тактичного маскування; інженерного забезпечення; радіаційного, хімічного і біологічного захисту; корегування вогню і геодезичного забезпечення; гідрометеорологічного забезпечення; охорони об'єктів (територій) та ін. [7]. Виконання бойових завдань підрозділів БпАК полягає у забезпеченні та здійсненні спеціальних бойових польотів БпЛА.

Так як даний процес є стохастичним, то оцінювання ефективності застосування підрозділів БпАК може бути проведено з використанням ймовірнісних показників (ймовірності успішного виконання бойових завдань, гарантованої ймовірності виконання бойових завдань, ймовірності виконання  $M$  завдань з їх загального числа  $Z$ , середнього гарантованого результату, математичного сподівання числа успішно виконаних бойових завдань та ін.). Для прийняття остаточного рішення (обгрунтованого вибору раціонального варіанта способу виконання бойового завдання) необхідно скористатися критерієм придатності в різних видах, з огляду на те, що оптимізаційними і адаптивними методами це завдання вирішити неможливо враховуючи його об'єм, складність, різномірність і невизначеність частини вихідної інформації [8–14].

Тоді формалізована постановка задачі дослідження має вигляд:

знайти раціональний варіант бойового застосування підрозділів БпАК на основі оцінювання способу підготовки підрозділу та застосування БпЛА  $U^*$ , що належать множині варіантів  $U$ , при якому значення математичного сподівання числа успішно виконаних бойових завдань буде найбільшим з допустимих, тобто

$$U^* \in U : M_{\text{усп}}^* = \sup M_{\text{усп}}^* , \quad (1)$$

де  $\sup M_{\text{усп}}^*$  визначається методом перебору отриманих розрахункових значень математичного сподівання у вибірці з їх генеральної сукупності.

Розрахункові значення математичного сподівання числа успішно виконаних бойових завдань знаходяться за формулою [15].

$$M_{\text{усп}} = \sum_{i=1}^Z P_i, \quad (2)$$

де  $P_i$  – ймовірність успішного виконання  $i$ -го бойового завдання підрозділом БпАК;

$Z$  – загальне число виконуваних бойових завдань.

Виходячи з постановки задачі дослідження, цільова функція успішного виконання одного бойового завдання на основі застосування одного БпЛА матиме вигляд:

$$P_1 = K_{\text{ос}} \cdot K_{\text{п}} \cdot P_6 \cdot P_{\text{виявл}} \cdot P_{\text{р}} \times P_{\text{с}} \cdot P_{\text{нп}} \cdot Q \cdot P_{\text{пз}} \cdot P_{\text{бз}}(P_{\text{пз}}), \quad (3)$$

де всі складові більші за нуль, зверху обмежені одиницею і не враховуються кореляційні зв'язки між показниками;  $K_{\text{ос}}$  – коефіцієнт, що характеризує готовність особового складу до виконання бойових завдань;  $K_{\text{п}}$  – коефіцієнт, що враховує природні фактори: лісистість, рельєф місцевості, дорожні умови, хмарність, вітер, туман та ін.;  $P_6$  – ймовірність безвідмовної роботи (надійність застосування) БпЛА;  $P_{\text{виявл}}$  – ймовірність виявлення об'єкта розвідки;  $P_{\text{р}}$  – ймовірність розпізнавання об'єкта розвідки;  $P_{\text{с}}$  – ймовірність прихованого функціонування БпЛА (його не виявлення);  $P_{\text{нп}}$  – ймовірність передачі інформації на пункт управління;  $Q$  – ймовірність не ураження БпЛА засобами ППО противника;  $P_{\text{пз}}$  – ймовірність успішного зайняття позиційного району (вчасність пуску БпЛА, не ураження підрозділу на шляху висування);  $P_{\text{бз}}(P_{\text{пз}})$  – ймовірність виконання завдання з визначеного позиційного району (не ураження підрозділу в позиційному районі за час виконання БпЛА польотного завдання).

У свою чергу, ймовірність невиконання одного бойового завдання БпЛА визначаються на основі поняття протилежної події з урахуванням (3), тобто

$$q_1 = 1 - P_1. \quad (4)$$

Слід зазначити, що для отримання конкретних виразів складових в (3) необхідно вибрати теоретичні закони розподілу значень випадкових величин, спираючись на теореми і методи теорій ймовірності, ефективності, дослідження операцій у військовій справі і математичної статистики, за допомогою яких можна отримати розрахункові значення (оцінки) складових і цільової функції. В даному випадку можна вибрати експонентний і нормальний закони розподілу, так як їх застосовність підтверджена практикою вирішення аналогічних завдань [8–14]. При цьому для визначення значень коефіцієнтів і ймовірностей в цільовій функції (3) необхідно скористатися емпіричними даними, наприклад отрима-

ними в ході проведення випробувань, військових навчань, досвіду бойових дій та ін.

У разі виконання  $M$  бойових завдань одним БпЛА ймовірності успішного виконання розглянутих завдань матимуть вигляд:

$$P_M = 1 - P_1 \dots P_1 \dots P_M \dots = 1 - \prod_{i=1}^M P_i. \quad (5)$$

При виконанні одного бойового завдання декількома ( $V$ ) БпЛА маємо

$$P_V = 1 - \prod_{j=1}^V (1 - P_j), \quad (6)$$

де  $P_j$  визначається за формулою (3).

У випадку, коли виконання бойових завдань БпЛА здійснюється в однакових умовах, формула (6) набуде вигляду:

$$P_{\text{усп}_V} = 1 - (1 - P_j)^V, \quad (7)$$

При цьому ймовірності невиконання бойових завдань БпЛА в розглянутих випадках визначаються за виразами (5) з урахуванням виразів (5–7).

У разі роздільного виконання  $M$  бойових завдань  $V$  БпЛА ймовірності успішного виконання зазначених заходів можна визначити з урахуванням (5–7) за формулою:

$$P_M = 1 - \prod_{j=1}^V (1 - P_{M_j})^V, \quad (8)$$

Для ідентичних умов роздільного виконання бойових завдань БпЛА вираз (8) набуде вигляду:

$$P_{\text{усп}_M} = 1 - (1 - P_1)^V, \quad (9)$$

При цьому ймовірності невиконання бойових завдань БпЛА визначаються з виразу (4) з урахуванням виразів (8–9).

Отже, виходячи з постановки завдання дослідження, математичне сподівання числа успішно виконаних бойових завдань при застосуванні БпЛА визначається на основі використання виразів ймовірностей, представлених вище.

Крім того, в разі виконання  $K$  бойових завдань з  $Z$  можна використовувати формулу Бернуллі [6]:

$$P_{KZ} = C_Z^K \cdot P_K \cdot (1 - P_M)^{Z-K}, \quad (10)$$

де  $C_Z^K$  – число комбінацій виконуваних бойових завдань

$$C_Z^K = \frac{Z!}{K!(Z-K)!}. \quad (11)$$

При цьому ймовірності, що входять до виразу (10), визначаються за вищевказаними формулами.

Ймовірність успішного виконання  $Z$  бойових завдань підрозділом БпАК можна знайти, виходячи із закону Пуассона [6]:

$$P(Z) = \exp(-\lambda \cdot T) \cdot \sum_{K=0}^Z \frac{(\lambda \cdot T)^K}{K!}, \quad (12)$$

де  $\lambda$  – інтенсивності виконання бойових завдань, що визначаються за дослідними (статистичними) даними, як  $\lambda = 1/t$ , де  $t$  – середній час виконання одного бойового завдання.

При цьому критерієм оцінювання ефективності застосування підрозділів БпАК буде виконання умови

$$P(Z) \geq P_r(Z), \quad (13)$$

де  $P_r(Z)$  – гарантована (задана) ймовірність виконання бойових завдань.

У випадку не виконання умови (12) критерієм оцінювання ефективності застосування підрозділів БпАК буде максимальна ймовірність успішного виконання  $Z$  бойових завдань, тобто

$$P(Z) \rightarrow \max.$$

Дані критерії оцінювання ефективності дають можливість забезпечити реалізацію підтримки прийняття рішення щодо вибору раціонального способу застосування підрозділів БпАК. У загальному вигляді запропоновану методичку оцінювання ефективності застосування підрозділів БпАК представлено на рис. 1.

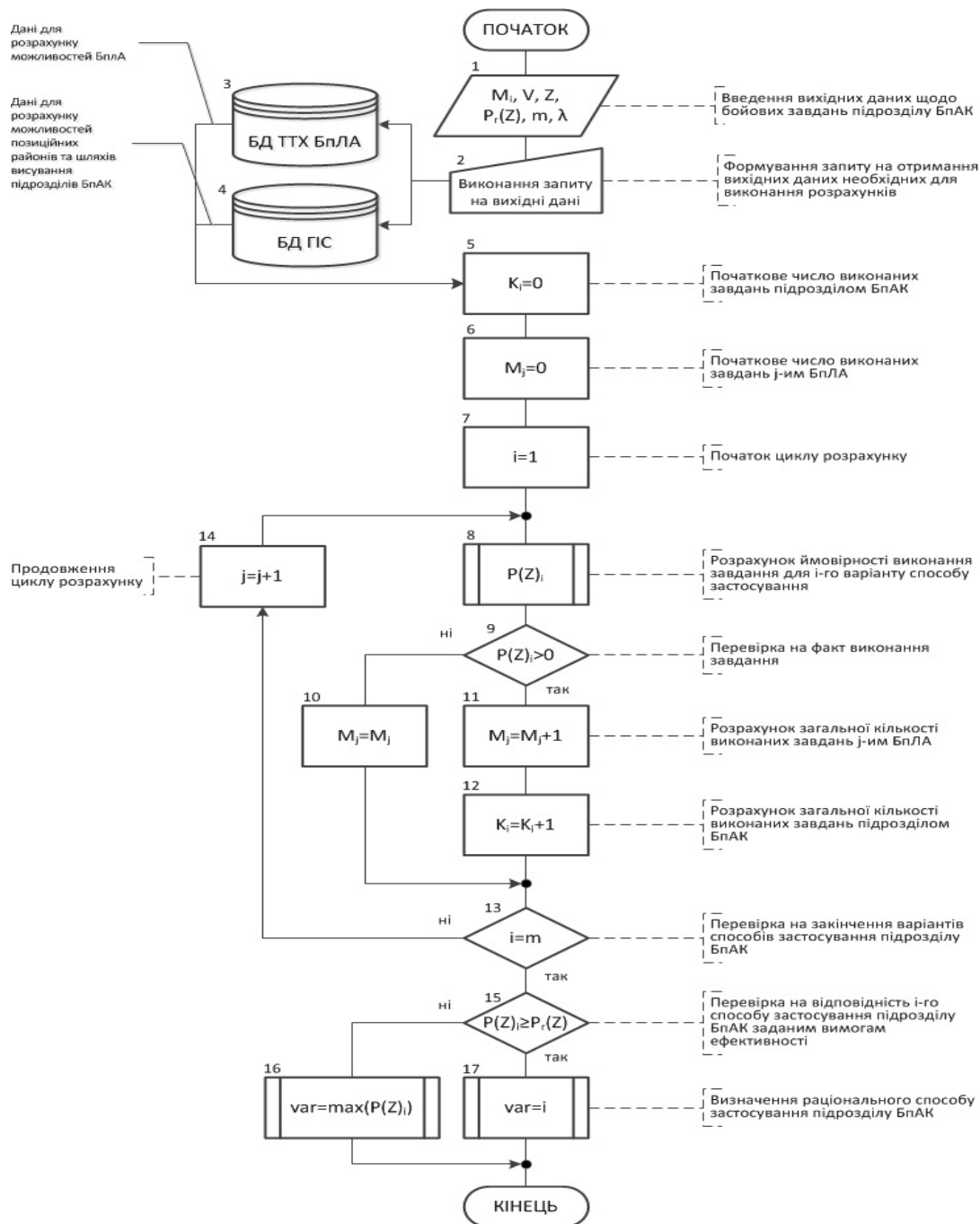


Рис. 1. Загальна блок-схема алгоритму оцінювання ефективності застосування підрозділів БпАК

## Висновки

Підсумовуючи вищенаведене, можна стверджувати, що вирішення задачі оцінювання ефективності застосування підрозділів БпАК неможливе без оцінювання ефективності їх підготовки, усі показники якої є ймовірнісними, статистичними та не постійними.

З метою зменшення можливої похибки, суб'єктивності та часу на підготовку підрозділів БпАК до застосування доцільно використовувати базу даних геоінформаційних систем (ГІС), доповнивши її додатковими інформаційними шарами тактичної обстановки. В першу чергу, це стосується

даних, що характеризують ділянки місцевості та ділянки шляхів за показниками ймовірності обстрілу, підриву на мінах, потрапляння у засідку, наявність ворожо налаштованого населення та ін. Встановлення значень даних показників з метою використання їх у ГІС є предметом подальших досліджень.

Практична реалізація запропонованої удосконаленої методики на основі застосування даних ГІС у автоматизованій інформаційній системі підтримки прийняття рішення дозволить забезпечити потрібну ефективність виконання завдань підрозділами БпАК.

## Список літератури

1. Слипченко В.И. Войны шестого поколения. Оружие и военное искусство будущего / В.И. Слипченко. – М.: Вече, 2002. – 384 с.
2. Ткаченко В.І. Оперативне мистецтво Повітряних Сил в сучасних умовах розвитку воєнної науки / В.І. Ткаченко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2008. – № 1(1). – С. 10-13.
3. Мосов С. Аэрокосмическая разведка в современных военных конфликтах: моногр. / С. Мосов. – К.: РУМБ, 2008. – 248 с.
4. Застосування безпілотних літальних апаратів у воєнних конфліктах сучасності / Ю.К. Зіатдінов, М.В. Куклінський, С.П. Мосов, А.Л. Фещенко та ін.; під ред. С.П. Мосова. – К.: Києво-Могилянська академія, 2013. – 248 с.
5. Тенденції розвитку форм і способів збройної боротьби в сучасних локальних війнах і збройних конфліктах: моногр. / П.П. Ткачук, С.П. Мосов, А.П. Красюк та ін.; за ред. к.і.н. Г.П. Воробйова. – Львів: НАСВ, 2015. – 90 с.
6. Мосов С. Беспилотная разведывательная авиация стран мира: история создания, опыт боевого применения, современное состояние, перспективы развития: моногр. / С. Мосов. – К.: РУМБ, 2008. – 160 с.
7. Згурец С.Г. Оружие Украины. Беспилотники: призыв на войну. Беспилотные авиационные комплексы: создание и применение / С.Г. Згурец. – К.: Defense Express, 2015. – 96 с.
8. Мосов С.П. Вимоги до вибору безпілотних авіаційних комплексів для виконання завдань розвідки та спостереження / С.П. Мосов, В.О. Колесніков // Збірник наукових праць центру воєнно-стратегічних досліджень НУОУ ім. І. Черняхівського. – 2016. – № 1 (56). – С. 24-28.
9. Ребрин Ю.К. Методы количественной оценки эффективности средств аэрокосмической разведки / Ю.К. Ребрин, С.А. Станкевич, С.П. Мосов. – К.: КИ ВВС, 1997. – 260 с.
10. Мавренков О.Є. Математична модель для оцінювання бойової ефективності застосування розвідувальних тактичних безпілотних авіаційних комплексів / О.Є. Мавренков, В.І. Улізько // Збірник наукових праць ДНДІА. – 2008. – № 4(11). – С. 57-60.
11. Беспилотные летательные аппараты: методики приближенных расчетов основных параметров и характеристик / В.М. Ильюшко, М.М. Митрахович, А.В. Самков и др.; под ред. В.И. Силкова. – К.: ЦНИИ ВВТ ВС Украины, 2009. – 302 с.
12. Беспилотные авиационные комплексы: методика сравнительной оценки боевых возможностей / М.М. Митрахович, В.И. Силков, А.В. Самков и др.; под ред. В.И. Силкова. – К.: ЦНИИ ВВТ ВС Украины, 2012. – 288 с.
13. Стешенко П.М. Математична модель для оцінювання ефективності бойового застосування розвідувальних безпілотних авіаційних комплексів / П.М. Стешенко // Озброєння і військова техніка. – 2016. – № 2(10). – С. 25-28.
14. Оцінювання ефективності повітряної розвідки при плануванні бойового застосування її засобів / О.І. Волков, Г.В. Певцов, В.А. Клименко, Ю.Б. Ситник // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2010. – № 2(4). – С. 36-40.
15. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология / Е.С. Вентцель. – М.: Дрофа, 2004. – 208 с.
16. Мірненко В.І. Економічна оцінка складних технічних систем некомерційного призначення / В.І. Мірненко, О.М. Деменев // Збірник наукових праць Міжгалузевої академії управління. – 2014. – № 19. – С. 77-87.

## References

1. Slipchenko, V.I. (2002), "Voiny shestogo pokolenia. Orugie i voennoe iskustvo budushhego" [Wars of the sixth generation. Weapons and military art of the future], Veche, Moscow, 384 p.
2. Tkachenko, V.I. (2008), "Operativne mistetzto Povitranih Sil v suchasnihi umovah rozvitku voennoi nauki" [Operative art of the Air Forces in the modern conditions of the development of military science], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 1 (1), pp. 10-13.

3. Mosov, S. (2008), "Aerokosmisheskaya razvedka v sovremennih voennih konfliktah: monografiia" [Aerospace intelligence in modern military conflicts], RUMB, Kyiv, 248 p.
4. Ziatdinov, U.K., Kuklinsky, M.V., Mosov, S.P. and Feshenko, A.L. (2013), "Zastosuvanna litalnih aparativ u viiskovih konfliktah sushasnosti" [The use of unmanned aerial vehicles in modernity military conflicts], KMA, Kyiv, 248 p.
5. Tkachuk, P.P., Mosov, S. P. and Krashuk, A.P. (2015), "Tendencii rozvitku form i sposobiv zbroinoi borotbi v suchasnih lokalnih viinah I zbroinoh konfliktah" [Development tendencies of forms and methods of armed struggle in modern local wars and armed conflicts], NASV, Lviv, 90 p.
6. Mosov, S. (2008), "Bespilotnaja razvedyvatel'naja aviacija stran mira" [Unmanned reconnaissance aircraft of the world countries: the history of creating, the experience of combat applying, current state, perspectives of development], RUMB, Kyiv, 160 p.
7. Zgurec, S. (2015), "Oruzie Ukraini. Bepilnitniki: priziv na voynu. Bepilotnie aviacionnie kompleksi: sozdanie i priminenie" [Weapons of Ukraine. unmanned aerial vehicles: a call to war. Unmanned aircraft complexes: the creation and use of], Defense Express, Kyiv, 96 p.
8. Mosov, S.P. and Kolesnikov, V.O. (2016), "Vimogi do viboru bepilotnih aviaciinih kompleksiv dla vikonanna zavdan rozvidki ta sposterezenna" [Requirements for the selection of unmanned aircraft complexes for performing intelligence and surveillance tasks], *Collection of scientific papers Center for Military and Strategic Studies National Defence University of Ukraine named after Ivan Chernykhovsky*, No. 1(56), pp. 24-28.
9. Rebrin, U.K., Stankevich, S.A. and Mosov, S.P. (1997), "Metodu kolichestvennoi ochenki effektivnosti sredstv aerokosmicheskoy razvedki" [Quantitative evaluation methods of the aerospace intelligence effectiveness], KI VVS, Kyiv, 260 p.
10. Mavrenkov, O.E. and Ulizko, V.I. (2008), "Matematichna model dla ocinuvanna boyovoi efectivnosti zastosuvanna rozvidovalnih taktichnih bepilotnih aviaciinih kompleksiv" [Mathematical model to evaluation the combat effectiveness of reconnaissance tactical unmanned aerial complexes], *Collection of scientific works of DNIA*, No. 4(11), pp. 57-60.
11. Ilusko, V.M., Mitrachovich, M.M. and Samkov, A.V. (2009), "Bepilotnie letatelnie aparati: metodiki priblizennih rashesov osnovnih parametrov I harakteristik" [Unmanned aerial vehicles: methods to approximate calculations of key parameters and characteristics], CNII VVT VS of Ukraine, Kyiv, 302 p.
12. Mitrachovich, M.M., Silkov, V.I. and Samkov, A.V. (2012), "Bepilotnie aviacionnie kompleksi: metodika sravnitelnoy ochenki boevih vozmozhnostey" [Unmanned aircraft complexes: a method to comparative evaluation of combat capabilities], CNII VVT VS of Ukraine, Kyiv, 288 p.
13. Stechenko, P.M. (2016), "Matematichna model dla ocinuvanna effektivnosti boiovogo zastosuvanna rozvidovalnih bepilotnih aviaciinih kompleksiv" [Mathematical model to evaluation the effectiveness combat application of the reconnaissance unmanned aircraft complexes], *Arms and military equipment*, No. 2(10), pp. 25-28.
14. Volkov, O.I., Pievtsov, H.V., Klymenko, V.A. and Sytnyk, Yu.B. (2010), "Otsiniuvannia efektyvnosti povitrianoi rozvidky pry planuvanni boiovoho zastosuvannia yii zasobiv", *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 2(4), pp. 36-40.
15. Ventcel, E.S. (2004), "Issledovanie operaciy: zadachi, principi, metodologiya" [Operations research: tasks, principles, methodology], Drofa, Moscow, 208 p.
16. Mirnenko, V.I. and Demenev, O.M. (2014), "Ekonomichna ocinka skladnih tehnicnih system nekomerciiinogo priznachenna" [Economic evaluation of complex technical systems to non-commercial purposes], *Collection of scientific works of the Interdisciplinary Academy of management*, No.19, pp. 77-87.

Надійшла до редколегії 19.09.2018  
Схвалена до друку 20.11.2018

#### Відомості про авторів:

**Єфремов Олексій Володимирович**  
старший викладач  
Національного університету оборони України  
ім. І. Черняхівського,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-6833-6462>

**Горбенко Володимир Михайлович**  
кандидат військових наук доцент  
доцент кафедри  
Національного університету оборони України  
ім. І. Черняхівського,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-7030-0995>

#### Information about the authors:

**Oleksii Efremov**  
Senior Instructor  
of Ivan Chernykhovsky  
National Defense University of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-6833-6462>

**Volodymyr Horbenko**  
Candidate of Military Sciences Associate Professor  
Senior Lecturer  
of Ivan Chernykhovsky  
National Defense University of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-7030-0995>

**Коршець Олена Антонівна**

кандидат технічних наук  
доцент кафедри  
Національного університету оборони України  
ім. І. Черняхівського,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0002-7225-0848>

**Olena Korshets**

Candidate of Technical Sciences  
Senior Lecturer  
of Ivan Chernyakhovsky  
National Defense University of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0002-7225-0848>

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ  
БЕЗПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ**

А.В. Ефремов, В.М. Горбенко, Е.А. Коршец

*В статье рассмотрены существующие подходы к оценке эффективности применения подразделений, вооруженных беспилотными авиационными комплексами. На основании анализа условий проведения антитеррористической операции на востоке Украины предложено усовершенствование методики оценки эффективности применения подразделений беспилотных авиационных комплексов в условиях воздействия противника не только непосредственно на беспилотные летательные аппараты во время выполнения ими полетных заданий, но и на подразделения беспилотных авиационных комплексов при их подготовке к боевому применению, а именно на этапе выдвигения и занятия позиционных районов (разведывательно-ударные действия огневых средств противника, минирование дорог и участков местности, действия диверсионно-разведывательных групп и т.п.).*

**Ключевые слова:** подразделение беспилотных авиационных комплексов, беспилотные летательные аппараты, эффективность применения, эффективность подготовки, выбор варианта применения подразделения беспилотных авиационных комплексов.

**METHODIC TO EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF COMBAT APPLICATION DIVISIONS  
OF UNMANNED AVIATION COMPLEXES**

O. Efremov, V. Horbenko, O. Korshets

*The article considers the existing approaches to evaluation the effectiveness to apply divisions armed with unmanned aircraft complexes. Based on the analysis of the conditions of the antiterrorist operation in the east of Ukraine, it was proposed to improve the methodology for evaluating the effectiveness to using divisions of unmanned aircraft complexes with influence of the enemy not only directly on unmanned vehicles during fulfillment their flying missions, but also on units of unmanned aircraft complexes in their preparation for combat application, namely, at the stage of appointment and occupation of positional areas (reconnaissance and percussion actions of enemy fire weapons, mining of roads and terrain sections, actions of diversion-reconnaissance groups, etc.). In order to reduce possible errors, such as subjectivity and time to prepare the unmanned aircraft complexes to using, it is proposed to use the geographic information systems database, complementing it with additional information layers of the tactical situation. First of all, this refers to the data that characterize areas of the terrain and sections of roads with indicators of the likelihood of shelling, detonation of mines, ambush, the presence of a hostile population, etc. Determining the values of these indicators in order to use them in geographic information systems is subject to further research. The practical implementation of the proposed improved methodology based on the use of these geo-information systems in an automated information system for making decision will ensure the necessary efficiency of the performing tasks by unmanned aircraft complex units.*

**Keywords:** unmanned aircraft complex units, unmanned aerial vehicles, application efficiency, preparation efficiency, choosing option of application for unmanned aircraft complex units.