А.А. Шалигін, В.О. Нерубацький, С.І. Смик

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ БОЙОВИХ ПОТЕНЦІАЛІВ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ, ЇХ ПІДРОЗДІЛІВ І УГРУПОВАНЬ

В статті запропонований методичний підхід до оцінки бойових потенціалів без пілотних авіаційних комплексів, їх підрозділів і угруповань, який на відміну від існуючих методик оцінки ефективності пілотованої авіації, враховує специфічні особливості сучасних БпАК, а саме: наявність у складі БпАК станції наземного керування, що може бути уражена противником; наявність у складі комплексу декількох літальних апаратів, що можуть застосовуватись послідовно або одночасно; суттєву залежність ефективності бойового застосування від погодних умов. Запропонований підхід більш детально враховує умови бойового застосування, а саме: наявність хибних об'єктів противника і їх маскування; наявність в складі угруповання БпАК різного призначення і особливості їх спільного застосування. Методичний підхід буде корисним при оцінюванні співвідношення сил сторін, та дозволяє визначати чутливість бойових потенціалів підрозділів та угруповань, озброєних безпілотними літальними апаратами, до зміни умов бойових дій та характеристик БпАК, які входять до їх системи озброєння, що підтверджується наведеними результатами розрахунків.

Ключові слова: безпілотний авіаційний комплекс, безпілотний літальний апарат, бойовий потенціал, показник бойової ефективності, ефективність бойового застосування, співвідношення сил.

Вступ

Постановка проблеми. Роль безпіотної авіації в сучасних збройних конфліктах надалі збільшується. Наприклад, безпілотні літальні апарати (БпЛА) ВПС США застосували по цілям в Афганістані більше авіаційних засобів ураження, ніж пілотовані літальні апарати. В деяких сучасних збройних конфліктах, таких як операція турецьких збройних сил в сирійському Ідлибі “Весняний щит”, вірмено-азербайджанська війна минулого року, БпЛА використовувались вже як основний елемент повітряної ударної системи [1–3]. Успіх військ в таких операціях полягає в широкому та комплексному застосуванні великої кількості БпЛА при їх взаємодії з силами і засобами розвідки, радіоелектронної боротьби (РЕБ), артилерії. В зв'язку з великим внеском безпіотної авіації в ефективність бойових дій, її оцінка є важливою для оцінки кількісно-якісного співвідношення сил угруповань військ. При оцінці ефективності застосування авіації найчастіше застосовують інтегральні показники “бойовий потенціал” (БП) і “бойові можливості” (БМ), які в свою чергу оцінюються рядом часткових показників. У випадку оцінки бойової ефективності безпілотних авіаційних комплексів (БпАК), їх формувань або угруповань необхідно враховувати специфічні особливості складу, способів застосування цих комплексів, льотно-технічних характеристик і експлуатаційних обмежень БпЛА.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах [4–5] описано методики, які дозволяють оцінити бойовий потенціал літального апарату шля-

хом встановлення взаємозв'язків між коефіцієнтом бойового потенціалу і сукупністю його тактико-технічних характеристик. При цьому використовуються методи експертного оцінювання та методи факторного аналізу.

У статті [6] проведено аналіз методичних підходів до визначення бойових потенціалів зразків озброєння і військової техніки (ОВТ) та військових формувань, вироблені пропозиції щодо понятійного апарату, розрахунку співвідношення сил угруповань військ (сил) сторін.

У статті [7] запропоновано методологічний підхід до оцінки бойових потенціалів зразків ОВТ та військових формувань, використовуючи тільки основні тактико-технічні та розрахункові показники ефективності їх застосування в заданих умовах без залучення експертної або іншої “нечіткої” інформації.

Стаття [8] присвячена оцінці бойової ефективності розвідувально-ударного БпЛА для типових сценаріїв бою. Проведено аналіз факторів, що впливають на бойову ефективність, та визначені оптимальні значення деяких конструктивних параметрів БпЛА.

У статті [9] розглянута проблема оцінки людського фактору і впливу навколишнього середовища при визначенні бойового потенціалу військового формування. Запропонована методика розрахунку статичного і динамічного потенціалів військового формування з урахуванням бойової обстановки.

У роботі [10] представлена методика оцінки і аналізу бойової ефективності методом імітаційного

моделювання для визначення впливу на неї складу і характеристик обладнання літака.

Мета статті – на основі відомих підходів розробити методику оцінки бойових потенціалів БпАК, їх підрозділів і угруповань. Методика має враховувати особливості бойового застосування, характеристики і обмеження, що притаманні сучасним БпАК.

Виклад основного матеріалу

На підставі загальних визначень БП для зразків ОВТ, військових формувань та угруповань [6] приймаємо наступні визначення.

БП БпАК – це інтегральний показник його максимальних бойових можливостей за призначенням в заданих умовах застосування за один запуск (бойовий політ). В даній статті пропонується методичний підхід до розрахунку БП ударних БпАК, основним призначенням яких є ураження наземних (надводних) цілей противника на передньому краї та (або) глибині побудови військ противника, що відповідає класу БпАК. У якості типових будуть розглядатися поодинокі цілі, що можуть також бути елементарними цілями у складі групових.

БП підрозділу БпАК – це інтегральний показник обсягу завдань за призначенням підрозділу БпАК, який він може виконати в типових (розрахункових) умовах бойових дій без обмежень з боку системи управління, забезпечення та рівня підготовки особового складу. Під обсягом завдань за призначенням, в даному випадку, розуміємо кількість уражених за час операції цілей. БП угруповання БпАК – це інтегральний показник сукупності БП різнорідних сил і засобів в складі угруповання БпАК.

Коефіцієнт БП – відношення кількісної міри бойового потенціалу досліджуваного зразка ОВТ (військового формування, угруповання) до значення бойового потенціалу зразка ОВТ (військового формування, угруповання), умовно прийнятого за еталон.

В ході виконання бойового завдання противник може здійснювати вогневий вплив по БпЛА у повітрі та по станції наземного керування (СНК).

Якщо вогневий вплив засобів ППО противника представити потоком Пуассона, то ймовірність ураження БпЛА дорівнює:

$$P_{y \text{ БпЛА}} = 1 - \exp(-\lambda \rho t_{\text{он}}), \quad (1)$$

де λ – інтенсивність вогневих впливів засобів ППО противника по одному БпЛА;

ρ – умовна ймовірність ураження БпЛА при одному вогневому впливі противника;

$t_{\text{он}}$ – середня тривалість бойового польоту БпЛА.

Знищення, подавлення СНК БпАК, як і інших пунктів управління, засобів розвідки і РЕБ, може

здійснюватися противником в інтересах операції в цілому в ході загального вогневого ураження або на напрямках дії сил і засобів механізованих з'єднань (частин, підрозділів) при проведенні безпосереднього вогневого ураження. Вважається, що для ураження СНК, що знаходяться на віддаленні до 15 км від лінії бойового зіткнення, доцільно залучати мінометні та артилерійські підрозділи, на віддаленні від 15 до 50 км – підрозділи ракетних військ, більше 50 км – авіацію. БпАК мають високий рейтинг важливості при вогневому ураженні і можуть бути в числі першочергових цілей [11].

Ймовірність ураження СНК БпАК дорівнює:

$$P_{y \text{ СНК}} = P_{\text{роз}} P_{\text{дост}} \Theta_{\text{об}}, \quad (2)$$

де $P_{\text{роз}}$ – ймовірність виявлення, своєчасної підготовки та передачі розвідувальних даних;

$P_{\text{дост}}$ – ймовірність доставки боєприпасу визначеним вогневим засобом за встановлений час;

$\Theta_{\text{об}}$ – ймовірність накриття СНК зоною рівномірного розсіювання боєприпасів.

В кожному бойовому польоті БпАК, при умові його не знищення, виконує виявлення об'єктів противника. Ймовірність виявлення об'єкта ураження засобами розвідки БпАК дорівнює:

$$P_{\text{виявл}} = \frac{(1 - K_{\text{маск}})W}{1 + \xi \bar{n}_{\text{хц}}}, \quad (3)$$

де $K_{\text{маск}}$ – середній коефіцієнт, враховуючий ступінь маскування об'єктів ураження;

W – ймовірність виявлення незамаскованого об'єкта ураження засобами розвідки БпАК;

ξ – середня ступінь правдоподібності хибних цілей;

$\bar{n}_{\text{хц}}$ – середня кількість хибних цілей на одну справжню.

Ймовірність виявлення незамаскованого об'єкта ураження засобами розвідки БпЛА залежить від характеристик його помітності, тривалості ведення розвідки, дальності дії, типу та тактико-технічних характеристик засобів виявлення. Її оцінку для кожного i -го засобу розвідки БпЛА виконуємо за формулою:

$$W_i = \exp \left[- \left(\frac{D}{D_{\text{max}}} \right)_i^{\beta_i} \right], \quad (4)$$

де D – дальність прицілювання;

D_{max} – максимальна дальність виявлення типової наземної цілі;

$\beta_i = 1$ – для оптичних, інфрачервоних і телевізійно-оптичних засобів виявлення;

$\beta_i = 2$ – при виявленні радіовипромінювальних цілей (об'єктів) радіотехнічними засобами;

$\beta_i = 4$ – для радіолокаційних засобів виявлення [12–13].

За результатами досліджень можна припустити, що при використанні оптичних, інфрачервоних і телевізійно-оптичних приладів відношення $(D/D_{\max})_i$ не буде більше ніж $1/3$, радіотехнічних засобів – не більше $1/2$, радіолокаційних засобів – не більше $2/3$ [14–15].

Ймовірність виявлення незамаскованого об'єкта ураження всіма засобами розвідки БпЛА:

$$W = 1 - \prod_{i=1}^k (1 - W_i), \quad (5)$$

де k – кількість видів систем виявлення цілей БпЛА.

На ймовірність своєчасного виконання бойового завдання більшості БпАК сильно впливають погодні умови, а саме швидкість вітру, хмарність, опади тощо. Обмеження застосування по погодним умовам встановлені в керівництвах з застосування БпАК і залежать від характеристик БпЛА і цільового навантаження.

Наприклад, для м. Київ за статистичними даними в середньому за рік спостерігається 136 похмурих днів з суцільною і нижньою хмарністю. Враховуючи те, що більшість БпЛА для виявлення цілі використовують лише оптичне обладнання, ймовірність невиконання бойового завдання через погодні умови $P_{ПУ}$ в середньому може скласти $0,3 \dots 0,4$.

Слабкою стороною більшості сучасних БпАК є залежність ефективності їх бойового застосування від функціонування систем навігації і зв'язку, що мають недостатній захист від впливу засобів РЕБ противника. Ймовірність невиконання бойового завдання у зв'язку з дією засобів РЕБ противника $P_{РЕБ}$ визначається методами імітаційного моделювання або за результатами аналізу статистичних даних в залежності від кількості каналів завад і їх потужності.

З урахуванням можливостей нанесення удару ефективність ураження цілі одним авіаційним засобом ураження (АЗУ) буде характеризуватись ймовірністю:

$$W_{y1} = P_{виявл} (1 - P_{РЕБ}) P_1, \quad (6)$$

де P_1 – ймовірність ураження типової цілі одним АЗУ.

Потрібна кількість АЗУ для ураження цілі з заданою гарантованою ймовірністю P_z :

$$n_z = \frac{\ln(1 - P_z)}{\ln(1 - W_{y1})}. \quad (7)$$

Середнє число типових цілей, що уражає БпЛА в одному польоті з заданою ймовірністю:

$$N = \frac{n_{\text{бк}}}{n_z} (1 - P_{ПУ}) (1 - P_{y \text{ БпЛА}}) (1 - P_{y \text{ СНК}}), \quad (8)$$

де $n_{\text{бк}}$ – боекомплект БпЛА;

$P_{ПУ}$ – ймовірність невиконання бойового завдання по погодним умовам.

БП БпАК дорівнює:

$$БП_{\text{БпАК}} \equiv n_{\text{БпЛА}} N, \quad (9)$$

де $n_{\text{БпЛА}}$ – кількість БпЛА зі складу БпАК, що одночасно керуються з однієї СНК.

При постійному значенні ймовірності ураження противником випадкова величина кількості циклів бойового застосування зразка озброєння за час проведення операції підпорядковується геометричному закону розподілу [7]. Відповідно при умові боездатності СНК, допустимих погодних умовах та забезпеченні боекомплектом середня кількість бойових вильотів одного БпЛА за час проведення операції дорівнює:

$$m_{1\text{БпЛА}} = \frac{(1 - P_{y \text{ БпЛА}})}{P_{y \text{ БпЛА}}} \left[1 - (1 - P_{y \text{ БпЛА}})^{\frac{t_{\text{он}}}{t_{\text{бн}}}} \right], \quad (10)$$

де $t_{\text{он}}$ – розрахункова тривалість операції.

Середня кількість бойових вильотів БпЛА, яку за час операції може забезпечити СНК, дорівнює:

$$m_{\text{СНК}} = \frac{(1 - P_{y \text{ СНК}})}{P_{y \text{ СНК}}} \left[1 - (1 - P_{y \text{ СНК}})^{\frac{t_{\text{он}}}{t_{\text{бн}}}} \right] n_{\text{БпЛА}}. \quad (11)$$

Тоді середня кількість бойових вильотів БпЛА зі складу одного БпАК дорівнює мінімальному з двох величин:

$$m = \min(n_{\text{СНК}}; n_{\text{БпЛА}}^{\text{БпАК}} m_{1\text{БпЛА}}), \quad (12)$$

де $n_{\text{БпЛА}}^{\text{БпАК}}$ – кількість БпЛА в одному БпАК.

У випадку, коли БпЛА є баражуючим боеприпасом одноразового застосування, умовна середня кількість пусків одним БпАК дорівнює мінімальному з двох величин:

$$m = \min(n_{\text{СНК}}; n_{\text{БпЛА}}^{\text{БпАК}}). \quad (13)$$

БП підрозділу БпАК в операції дорівнює:

$$БП_{\Pi} \equiv \sum_{j=1}^{N_{\text{БпАК}}} m_j \frac{n_{\text{бк}j}}{n_z} (1 - P_{ПУj}), \quad (14)$$

де $N_{\text{БпАК}}$ – кількість БпАК в підрозділі;

m_j – умовна середня кількість пусків (польотів БпЛА) j -м БпАК;

$n_{\text{бк}j}$ – боекомплект j -го БпАК;

$P_{ПУj}$ – ймовірність невиконання бойового завдання через погодні умови j -м БпАК.

Розглянемо приклад оцінки БП БпАК двох типів. Характеристик БпАК і умови ведення бойових дій наведені в табл. 1. В даному прикладі до складу

БпАК 1 входять ударні БпЛА класичної схеми, БпАК 2 оснащений БпЛА-баражуючими боеприпасами.

За результатами розрахунку в заданих умовах бойового застосування БП БпАК 1 перевищує БП БпАК 2. Коефіцієнт БП для одного пуску БпЛА дорівнює:

$$K_{БП\ БпАК} = \frac{БП_{БпАК2}}{БП_{БпАК1}} = 0,21. \quad (15)$$

Коефіцієнт БП підрозділу в операції складає:

$$K_{БП\ П} = \frac{БП_{П2}}{БП_{П1}} = 0,32. \quad (16)$$

Методика дозволяє визначити чутливість БП до зміни умов бойових дій та характеристик комплексів. Наприклад, якщо збільшити боекомплект БпЛА-баражуючих боеприпасів, то коефіцієнт БП підрозділу може досягти:

$$K_{БП\ П} = \frac{БП_{П1}}{БП_{П2}} = \frac{44,41}{25,70} = 0,58. \quad (17)$$

Таблиця 1

Початкові дані та результати розрахунків

Характеристика	БпАК 1	БпАК 2
Середня тривалість бойового польоту БпЛА, год.	3,00	1,00
Боекомплект БпЛА, од.	4	1
Ймовірність ураження типової цілі одним АЗУ	0,80	0,80
Кількість БпЛА в одному БпАК, од.	3	12
Кількість БпЛА зі складу БпАК, що одночасно керуються з однієї СНК	1	1
Наявність оптичних, інфрачервоних засобів виявлення цілі (є - 1; нема - 0)	1	1
Відношення дальності прицілювання до максимальної дальності виявлення цілі для оптичних, ІЧ засобів	0,300	0,200
Наявність радіотехнічних засобів виявлення радіовипромінюючих цілей (є - 1; нема - 0)	0	0
Відношення дальності прицілювання до максимальної дальності виявлення цілі для засобів радіотехнічної розвідки	0,50	0,50
Наявність радіолокаційних засобів виявлення (є - 1; нема - 0)	1	0
Відношення дальності прицілювання до максимальної дальності виявлення цілі для радіолокаційних засобів	0,667	0,667
Ймовірність невиконання бойового завдання по погодним умовам	0,30	0,25
Ймовірність невиконання бойового завдання у зв'язку з дією засобів РЕБ противника	0,20	0,20
Інтенсивність вогневих впливів засобів ППО противника, 1/год	0,08	12,00
Умовна ймовірність ураження БпЛА при одному вогневому впливі противника	0,100	0,005
Ймовірність ураження СНК на протязі одного бойового польоту БпЛА	0,0015	0,0091
Середній коефіцієнт, враховуючий ступінь маскування об'єктів ураження	0,05	0,05
Середня кількість хибних цілей на 100 справжніх	10	10
Середня ступінь правдоподібності хибних цілей	0,50	0,50
Тривалість операції, год.	24,00	24,00
Потрібна гарантована ймовірність ураження цілей	0,80	0,80
Кількість БпАК в підрозділі	4	4
Результати розрахунку		
БП БпАК за 1 політ	1,36	0,28
БП підрозділу БпАК в операції	44,41	14,37

Джерело: розроблено авторами.

Авіаційне угруповання, що складається з певної кількості як однотипних, так і різнотипних БпАК, підсистеми бойового управління та матеріально-технічного забезпечення, представляє собою складну бойову систему, яка має емерджентні властивості, що полягають в збільшенні бойових можливостей угруповання в порівнянні з простою сукупністю окремих БпАК. З цього для об'єктивної оцінки бойових можливостей угруповання БпАК необхідно детальне моделювання процесів збройного протистояння, що потребує багато часу і працевитрат. Для грубої оцінки кількісно-якісних характеристик угруповання при оперативному прийнятті рішення

пропонується оцінювати БП угруповання як суму узагальнених бойових потенціалів підрозділів ударних БпАК у складі угруповання:

$$БП_{У} \equiv \sum_{j=1}^{N_{П}} \overline{БП_{Пj}}, \quad (18)$$

де $N_{П}$ – кількість підрозділів ударних БпАК в угрупованні;

$\overline{БП_{Пj}}$ – узагальнений БП j -го підрозділу ударних БпАК.

При визначенні узагальненого БП j -го підрозділу ударних БпАК слід врахувати наявність у скла-

ді угруповання БпАК іншого призначення (розвідки, РЕБ, хибних цілей тощо), які будуть спільно виконувати бойові завдання. Для цього при визначенні ймовірності виявлення об'єкта ураження замість формули (3) використаємо наступну формулу:

$$P_{\text{виявл}} = 1 - \prod_{i=1}^{n_p} (1 - P_{\text{виявл } i}), \quad (19)$$

де n_p – кількість розвідувальних і розвідувально-ударних БпЛА, що спільно виконують бойове завдання;

$P_{\text{виявл } i}$ – ймовірність виявлення цілі i -м БпЛА, що розраховується за формулою (3).

За досвідом збройних конфліктів використання БпЛА - хибних цілей забезпечує викриття елементів системи ППО противника. Тому, якщо застосування хибних цілей заплановано, середній коефіцієнт, що

враховує ступінь маскуванню об'єктів ураження, в формулі (3) може бути переглянутий.

Інтенсивність вогневих впливів засобів ППО противника по одному БпЛА λ має бути переобчислена з урахуванням кількості БпЛА, що одночасно виконують бойові завдання.

Умовна ймовірність ураження БпЛА при одному вогневому впливі противника ρ , що використовується в формулі (1), може бути переглянута з урахуванням бойових можливостей БпЛА РЕБ.

Послідовність проведення розрахунків наведена в табл. 2.

Відмітимо, що підготовка вихідних даних для розрахунків потребує наявності певних статистичних даних та припущень щодо сил та дій противника, умов проведення операції тощо.

Таблиця 2

Послідовність проведення розрахунків для оцінки БП БпАК, їх підрозділів і угруповань

№	Що розраховується	Номер формули
1	БП БпАК кожного типу при виконанні одного бойового польоту (пуску) БпЛА	
1.1	Ймовірність ураження БпЛА в одному польоті	1
1.2	Ймовірність виявлення незамаскованого об'єкта ураження i -м засобом розвідки БпЛА	4
1.3	Ймовірність виявлення незамаскованого об'єкта ураження всіма засобами розвідки БпЛА	5
1.4	Ймовірність виявлення об'єкта ураження засобами розвідки БпАК	3
1.5	Умовна ймовірність ураження цілі одним АЗУ з урахуванням можливостей нанесення удару	6
1.6	Потрібна кількість АЗУ для ураження цілі з заданою гарантованою ймовірністю	7
1.7	Середнє число типових цілей, що уражає БпЛА в одному польоті з заданою ймовірністю	8
1.8	БП БпАК	9
2	БП підрозділу БпАК в операції	
2.1	Середня кількість бойових вильотів одного БпЛА за час проведення операції при умові боєздатності СНК, допустимих погодних умовах та забезпеченні боєкомплектом	10
2.2	Середня кількість бойових вильотів БпЛА, яку за час операції може забезпечити СНК	11
2.3	Середня кількість бойових вильотів БпЛА зі складу одного БпАК	12 або 13
2.4	БП підрозділу БпАК в операції	14
3	БП угруповання БпАК в операції	
3.1	БП ударних БпАК кожного типу при виконанні одного бойового польоту (пуску) БпЛА	
3.1.1	Ймовірність ураження БпЛА в одному польоті	1
3.1.2	Ймовірність виявлення незамаскованого об'єкта ураження i -м засобом розвідки БпЛА	4
3.1.3	Ймовірність виявлення незамаскованого об'єкта ураження всіма засобами розвідки БпЛА	5
3.1.4	Ймовірність виявлення об'єкта ураження засобами розвідки БпАК	3
3.1.5	Ймовірності виявлення об'єкта ураження	19
3.1.6	Умовна ймовірність ураження цілі одним АЗУ з урахуванням можливостей нанесення удару	6
3.1.7	Потрібна кількість АЗУ для ураження цілі з заданою гарантованою ймовірністю	7
3.1.8	Середнє число типових цілей, що уражає БпЛА в одному польоті з заданою ймовірністю	8
3.1.9	БП БпАК	9
3.2	Оцінка БП кожного підрозділу БпАК в операції	
3.2.1	Середня кількість бойових вильотів одного БпЛА за час проведення операції при умові боєздатності СНК, допустимих погодних умовах та забезпеченні боєкомплектом	10
3.2.2	Середня кількість бойових вильотів БпЛА, яку за час операції може забезпечити СНК	11
3.2.3	середня кількість бойових вильотів БпЛА зі складу одного БпАК	12 або 13
3.2.4	БП підрозділу БпАК в операції	14
3.3	БП угруповання БпАК в операції	18

Джерело: розроблено авторами.

Висновки

В статті запропонований методичний підхід до оцінки бойових потенціалів безпілотних авіаційних комплексів, їх підрозділів і угруповань, який на відміну від існуючих методик оцінки ефективності пілотованої авіації, враховує специфічні особливості сучасних БпАК, а саме:

наявність у складі БпАК станції наземного керування, що може бути уражена противником;

наявність у складі комплексу декількох літальних апаратів, що можуть застосовуватись послідовно або одночасно;

суттєву залежність ефективності бойового застосування від погодних умов.

Запропонований підхід більш детально враховує умови бойового застосування, а саме:

наявність хибних об'єктів противника і їх маскування;

наявність в складі угруповання БпАК різного призначення і особливості їх спільного застосування.

Методичний підхід буде корисним при оцінюванні співвідношення сил сторін, та дозволяє визначати чутливість бойових потенціалів підрозділів та угруповань, озброєних безпілотними літальними апаратами, до зміни умов бойових дій та характеристик БпАК, які входять до їх системи озброєння.

Список літератури

1. Ridvan Bari U. The Revolution in Drone Warfare: The Lessons from the Idlib De-Escalation Zone [Електронний ресурс] / U. Bari Ridvan // The Air Force Journal of European, Middle Eastern, & African Affairs. – 2020. – № 2(03). – Режим доступу: <https://airuniversity.af.edu/JEMEEA/Display/Article/2329510/the-revolution-in-drone-warfare-the-lessons-from-the-idlib-de-escalation-zone/>.
2. Crino S. Turkey's Drone War in Syria – A Red Team View [Електронний ресурс] / Scott Crino, Andy Dreby // Small Wars Journal. – 2020. – № 04/16. – Режим доступу: <https://smallwarsjournal.com/jrnl/art/turkeys-drone-war-syria-red-team-view>.
3. Аксенов П. Война дронов в Карабахе: как беспилотники изменили конфликт между Азербайджаном и Арменией [Електронний ресурс] / П. Аксенов // BBC news Русская служба. – 2020. – Режим доступу: <https://www.bbc.com/russian/features-54431129>.
4. Леонтьев О.Б. Побудова математичної моделі показників бойової ефективності вертольоту армійської авіації при вирішенні ним десантних задач / О.Б. Леонтьев, Ю.І. Миргород, М.М. Момот // Збірник наукових праць ОНДІ ЗС. – 2007. – № 1(6). – С. 14-21.
5. Леонтьев О.Б. Методика оцінки бойового потенціалу ударних авіаційних комплексів при вирішенні ними вогневих задач / О.Б. Леонтьев, О.М. Компанієць, В.В. Шмаков // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2008. – № 2(17). – С. 23-26.
6. Бонин А.С. О боевых потенциалах образцов ВВТ, формирования и соотношения сил группировок сторон / А.С. Бонин, Т.П. Горчица // Военная мысль. – 2010. – № 4. – С. 61-67.
7. Буравлев А.И. Основы методологического подхода к оценке боевых потенциалов образцов ВВТ и воинских формирований / А.И. Буравлев, С.Р. Цырендоржиев, В.С. Брезгин // Вооружение и экономика. – 2009. – № 3(7). – С. 4-12.
8. He B. Effectiveness measurement of UAV combat in uncertain environment / Bing He, Xianyang Zhang, Qingyong Li // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1069 (2018) 012048. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1069/1/012048>.
9. Алиев А.А. Определение боевого потенциала воинского формирования / А.А. Алиев, А.А. Байрамов // Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України ім. І. Черняховського. – 2018. – № 3(64). – С. 121-130.
10. Gao Yu. Inverse design of mission success space for combat aircraft contribution evaluation / Yuan Gao, Hu Liu, Yongliang Man // Chinese Journal of Aeronautics. – 2020. – № 33(8). – P. 2189-2203. <https://doi.org/10.1016/j.cja.2020.03.039>.
11. Михненко В.М. Особенности огневого поражения пунктов управления, средств разведки и радиоэлектронной борьбы противника / В.М. Михненко, И.К. Мурзич, С.П. Мирончук // Вестник военной академии республики Беларусь. – 2014. – № 3(44). – С. 31-37.
12. Горбунов В.А. Эффективность обнаружения целей / В.А. Горбунов. – М.: Воениздат, 1979. – 160 с.
13. Ким Д.П. Методы поиска и преследования подвижных объектов / Д.П. Ким. – М.: Наука, 1989. – 336 с.
14. Ярош С.П. Оцінювання ефективності протидії високоточної зброї противника під час організації зенітного ракетного прикриття об'єктів та угруповань військ / С.П. Ярош, О.О. Тесенчук // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 2(27). – С. 79-83. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.27.15>.
15. Леонтьев О.Б. Напрями удосконалення науково-методичного апарату обґрунтування основних напрямів розвитку системи озброєння авіації Повітряних Сил Збройних Сил України / О.Б. Леонтьев, М.В. Науменко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2020. – № 3(40). – С. 69-78. <https://doi.org/10.30748/nitps.2020.40.08>.

Надійшла до редколегії 19.02.2021

Схвалена до друку 16.03.2021

Відомості про авторів:

Шалигін Андрій Анатолійович

кандидат технічних наук старший науковий співробітник
начальник науково-дослідного відділу
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-1828-2443>

Information about the authors:

Andrii Shalyhin

Candidate of Technical Sciences Senior Research
Chief of Scientific Research Department
of Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-1828-2443>

Нерубацький Володимир Омелянович

кандидат технічних наук старший науковий співробітник
провідний науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3090-1865>

Volodymyr Nerubatsky

Candidate of Technical Sciences Senior Research
Lead Research
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3090-1865>

Смик Сергій Іванович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-8941-2631>

Serhii Smyk

Candidate of Technical Sciences
Senior Research
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8941-2631>

**МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ БОЕВЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ
БЕЗПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ, ИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ И ГРУППИРОВОК**

А.А. Шалыгин, В.Е. Нерубацкий, С.И. Смык

В статье предложен методический подход к оценке боевых потенциалов беспилотных авиационных комплексов, их подразделений и группировок, который в отличие от существующих методик оценки эффективности пилотируемой авиации, учитывает специфические особенности современных БпАК, а именно: наличие в составе БпАК станции наземного управления, которая может быть поражена противником; наличие в составе комплекса нескольких летательных аппаратов, которые могут применяться последовательно или одновременно; существенную зависимость эффективности боевого применения от погодных условий. Предложенный подход более детально учитывает условия боевого применения, а именно: наличие ложных объектов противника и их маскировку; наличие в составе группировки БпАК различного назначения и особенности их совместного применения. Методический подход будет полезен при оценке соотношения сил сторон и позволяет определять чувствительность боевых потенциалов подразделений и группировок, вооруженных беспилотными летательными аппаратами, к изменению условий боевых действий и характеристик БпАК, входящих в их системы вооружения, что подтверждается приведенными результатами расчетов.

Ключевые слова: беспилотный авиационный комплекс, беспилотный летательный аппарат, боевой потенциал, показатель боевой эффективности, эффективность боевого применения, соотношение сил.

**METHODS OF ASSESSMENT OF COMBAT POTENTIALS
OF UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS, THEIR DIVISIONS AND GROUPS**

A. Shalygin, V. Nerubatsky, S. Smyk

Due to the large contribution of Unmanned Aircraft System (UAS) to the effectiveness of combat operations, its evaluation is important for assessing the quantitative and qualitative balance of forces of groups of troops. When assessing the effectiveness of the use of aviation, the integrated indicators "combat potential" and "combat capabilities" are most often used, which in turn are assessed by a number of partial indicators. In the case of assessing the combat effectiveness of UAS, their formations or groups, it is necessary to take into account the specific features of the composition, methods of application of UAS, features of flight characteristics and operational limitations of Unmanned Aerial Vehicles. The article proposes a methodical approach to assessing the combat potential of unmanned aerial vehicles, their units and groups, which, in contrast to existing methods of assessing the effectiveness of manned aircraft, takes into account the specific features of modern UAS, namely: the presence of UAS ground control station, the enemy; the presence in the complex of several aircraft that can be used sequentially or simultaneously; significant dependence of the effectiveness of combat use on weather conditions. The proposed approach takes into account in more detail the conditions of combat use, namely: the presence of faulty enemy objects and their camouflage; the presence in the group of UAS for different purposes and features of their joint use. The methodological approach will be useful in assessing the balance of forces of the parties, and allows to determine the sensitivity of combat capabilities of units and groups armed with unmanned aerial vehicles to changes in combat conditions and characteristics of UAS, which is confirmed by the results of calculations.

Keywords: Unmanned Aircraft System (UAS), Unmanned Aerial Vehicle (UAV), combat potential, combat effectiveness indicator, combat effectiveness, force ratio.