

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПЕРЕЛІКУ ПОКАЗНИКІВ ПОРІВНЯЛЬНОЇ ОЦІНКИ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ

Обґрунтовано перелік показників для порівняльної оцінки безпілотних авіаційних комплексів. Визначено дві групи показників: інтегральний показник якості та коефіцієнт економічності. Застосування двох вищенаведених показників збільшує вірогідність отримання більш точної оцінки безпілотних авіаційних комплексів. Описано математичну модель розрахунку комплексного інтегрального показника якості безпілотних авіаційних комплексів.

**Ключові слова.** Безпілотний авіаційний комплекс, літальний апарат, порівняльний аналіз, складні технічні системи, компонент, показник, критерій, цільове навантаження, наземний комплекс, система передачі даних.

**Постановка проблем та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** Безпілотні авіаційні комплекси (БпАК) – один із самих перспективних видів авіаційної техніки, що розвиваються найбільш динамічно. За останні 20 років створена безпрецедентна кількість літальних апаратів (ЛА), найрізноманітніших за призначенням. Прорив у цій області обумовлений, насамперед, впровадженням новітніх технологій в області передачі, прийому інформації, теорії управління, успіхами в розвитку матеріалознавства й мініатюризації бортових систем. Їхньою основною перевагою перед пілотованими ЛА є можливість збереження льотного складу в бойових умовах.

**Метою дослідження** є обґрунтування переліку показників для порівняльної оцінки БпАК.

**Об'єктом дослідження** є БпАК, який повинен виконувати завдання за призначенням у відповідності до прийнятої в Збройних Силах України класифікації.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Сучасні БпАК є досить складними технічними системами. Вони включають безпосередньо ЛА, до складу якого входить силова установка, радіоелектронне бортове обладнання, розвідувальне обладнання, озброєння (залежно від класу). Кожний із цих компонентів вимагає спеціальних підходів для їх оцінки.

Основним завданням порівняльного аналізу є вибір кращого зразка з деякої множини альтернативних варіантів, враховуючі кожен з компонентів, що входять до складу БпАК. Тому найпершим завданням аналізу є визначення показників для порівняльної оцінки.

Оскільки складні технічні системи відрізняються різноманітністю властивостей, часто суперечливих, то зведення оцінок до одного показника (критерію) у більшості випадків виявляється неможливим.

Що стосується БпАК, то справа ускладнюється ще й тим, що, як правило, жоден з них не має абсолютної переваги над іншими, тобто він за одними показниками перевершує альтернативні об'єкти, а за іншими – поступається їм. У цьому контексті відбір більш значимих і менш істотних параметрів, що визначають бойові властивості БпАК, здобуває першочергове значення.

Із сказаного випливає, що прийняті для оцінок показники повинні забезпечити виявлення найбільш важливих властивостей зразка для виконання головного завдання за призначенням та дозволяти, крім того, виключати менш значимі параметри в ході самої оцінки [1, 2, 3].

Для розв'язання цієї задачі необхідно врахувати різноманітні фактори, що забезпечують створення передового у своєму класі зразка. Сюди відноситься, по-перше, цільове навантаження.

Для розвідника це оптична, тепловізійна, телевізійна, лазерна апаратура й засоби, що забезпечують її функціонування. По-друге, це літальний апарат – носій цільового навантаження, і, по-третє, наземний комплекс із системою передачі даних.

До цього необхідно додати вартість комплексу та інше.

Порівняльна оцінка БпАК є важливим практичним завданням. Необхідність порівняння двох і більше зразків з'являється [3]:

- при оцінці їх бойових властивостей;
- при виборі кращого зразка за будь-яким показником;
- при створенні вітчизняного зразка БпАК відповідного класу з урахуванням кращих зразків за будь-яким показником, які існують в передових країнах світу;
- при закупівлі на ринку озброєнь тощо.

При цьому необхідно проаналізувати багато якісних і кількісних показників або критеріїв, що мають різну фізичну природу.

Під показником якості розуміють числову характеристику зразка, що пов'язана з його строго монотонною залежністю [1,2,3].

Під якістю розуміють ступінь відповідності зразка своєму призначенню.

З урахуванням розгляду БпАК як складної технічної системи, пропонується застосовувати дві групи показників для проведення порівняльної оцінки: інтегральний показник якості (далі – ПІЯ) та коефіцієнт економічності (далі – КЕ).

Застосування двох вищенаведених показників збільшує вірогідність отримання більш точної оцінки БпАК.

Інтегральний показник якості полягає у виборі порівнюваних зразків (льотні дані, цільове навантаження, продуктивність пошуку об'єктів, вартість БпАК та оперативність розвідки) [3].

Зауважимо, що алгоритм експертної оцінки впливу параметрів складних технічних систем (далі – СТС) на інтегральні показники якості розроблений американським математиком Т.Л. Саати.

Що стосується коефіцієнта економічності, то даний коефіцієнт оцінює економічність в комплексі: планера (через його аеродинамічну якість), повітряного гвинта (через його ККД) та силової установки (через питому витрату палива).

Із сказаного вище слід зупинитися детальніше на кожній групі показників.

І. Вибір інтегральних показників якості порівнювальних зразків включає [3]:

1. ПІЯ “Льотні дані”, до складу якого входить сукупність параметрів: економічності, дальність польоту  $L$ , тривалість польоту  $T$ , максимальна швидкість  $V_{max}$ , крейсерська швидкість  $V_{крс}$ , статична стеля  $H_{ст}$ , величина, обернена злітній масі  $1/m_{зл}$ , маса палива  $m_n$ , злітна потужність силової установки  $N_{зл}$ .

Всі ці параметри не рівнозначні: одні грають більш значну роль у виконанні ЛА завдань за призначенням, інші – менш істотні. Так, для БпАК, що виконує завдання наземного стаціонарного об'єкта або пошуку рухомої цілі в заданому районі, істотними параметрами будуть дальність польоту, яка забезпечує обстеження великих площ, а також швидкість ведення розвідки (крейсерська швидкість), від величини якої залежить продуктивність і оперативність виконання завдання.

2. ПІЯ “Цільове навантаження”. Зазначимо, що чим менші за розміром цілі, тим більшу кількість зйомок необхідно зробити для їх виявлення і тим більше часу необхідно витратити на обробку матеріалу. Очевидно, що оперативність такої системи може виявитися недопустимою. Для усунення цього недоліку на БпЛА почали розрізняти цільове навантаження за такими характеристиками: кількість елементів в рядку, кутове розділення, габарити, маса.

3. ПІЯ “Продуктивність” містить такі параметри: крейсерська швидкість  $V_{крс}$ , маса корисного навантаження  $m_{кн}$ ; кут поля зору за азимутом  $2\beta_1$ , кут поля зору за кутом місця  $2\beta_2$ , величина обернена кутовій роздільній здатності  $1/\gamma$ , величина, обернена куту стабілізації платформи  $1/\phi$ . Продуктивність є комплексним показником, оскільки враховує

ЛА (швидкість і висоту польоту), а також можливості знімальної апаратури поля зору за азимутом та кутом місця. Продуктивність можна порівняти з потужністю (добуток сили на швидкість), де як сила виступає ширина смуги захоплення місцевості. Як і потужність, продуктивність характеризує розвідувальні можливості БпАК за часом. Оскільки продуктивність залежить від висоти, то при порівняльних оцінках доцільно вказувати точність і висоту застосування системи.

4. ПІЯ “Вартість” прийнято оцінювати за декількома показниками: початкова вартість комплексу  $C_0$ , витрати на експлуатацію  $C_{екс}$ , вартість льотної години  $C_{лг}$ , вартість зйомки ділянки місцевості заданої площі  $C_{s1}$ , вартість розвідувального польоту –  $C_{л}$ .

Початкова вартість складається з вартості розробки й виготовлення планера ЛА з усіма бортовими системами, вартості корисного навантаження та вартості наземної частини, що забезпечує функціонування ЛА.

Вартість експлуатації істотно залежить від класу БпАК. Основним недоліком апаратів великого розміру прийнято вважати їхню високу вартість експлуатації. Навпаки, міні-БпЛА вміщуються в 1 або 2 рюкзаках, легко транспортуються, прості в обслуговуванні, ремонті і, отже, вимагають невеликих витрат на експлуатацію.

Вартість льотної години можна оцінити за сукупністю початкової вартості, максимальної тривалості польоту та кратності застосування - кількості зльотів.

При оцінці вартості діє обернене правило: чим вище вартість БпАК і його компонентів тим нижче він оцінюється. Отже, для того щоб всі показники звести до принципу "багато - добре", оцінка вартості окремих компонентів БпАК зазвичай використовують обернені параметри.

5. ПІЯ “Оперативність” оцінюється часом виконання завдання по етапах: БпАК до вильоту, політ до зони ведення розвідки, ведення розвідки, обробка і зберігання даних (при необхідності), передача даних на пункт управління, обробка і даних споживачеві. Природно, чим менше зазначені часові інтервали, тим вище оперативність. Тому, як і для параметрів вартості слід використовувати обернені величини часових складових.

Загальна формула розрахунку комплексного інтегрального показника якості БпАК має наступний вигляд:

$$ПІЯ_{БпАК} = \sum_{s=1}^{i=n} ПІЯ_i \times KB_i,$$

де  $ПІЯ_i$  – інтегральний показник якості для оцінки  $i$ -ої характеристики БпАК, як приклад:

$i=1$  – льотно технічні характеристики;

$i=2$  – характеристики цільового навантаження;

$i=3$  – характеристики каналу-утворюючої апаратури передачі даних;

$i=4$  - характеристики наземної станції керування;

$i=5$  – експлуатаційні характеристики;

$i=6$  – техніко-економічні характеристики (вартість години нальоту, вартість обслуговування, загальна вартість комплексу, складових частин, запасних частин та ремонтних комплектів та ін).

В залежності від типу БпАК (мікро, поля бою, тактичного, оперативно-тактичного, оперативного, стратегічного) характеристики можуть доповнені або зменшені.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Для проведення порівняльної оцінки БпАК визначено дві групи показників: інтегральний показник якості та коефіцієнт економічності. Застосування двох вищенаведених показників збільшує вірогідність отримання більш точної оцінки БпАК.

Інтегральний показник якості полягає у виборі порівнюваних зразків за льотними даними, цільовим навантаженням, продуктивністю пошуку об'єктів, вартістю БпАК та оперативністю розвідки.

Описано математичну модель розрахунку комплексного інтегрального показника якості БпАК.

З метою висунення тактико-технічних вимог до каналів зв'язку зв'язку та передачі даних у подальшому необхідно більш детально розглянути порядок вибору ПІЯ "Оперативність".

#### Список використаних джерел

1. Митрахович М.М., Силков В.И., Самков В.И., Бурштынская Х.В., Станкевич С.А., Семенов В.Б. Беспилотные авиационные комплексы. Методика сравнительной оценки боевых возможностей. // - Монография. – 2012. – Научное издание – С. 287.
2. Сілков В.І., Жданов С.В., Головін О.О., Жевтюк О.А., Зірка А.Л., Зірка М.В., Новосад Л.Ю., Козлов В.Г., Марченко В.Я., Грищак Д.Д. Система підтримки прийняття рішень при оперативній оцінці безпілотних авіаційних комплексів. Вип. 2. Безпілотні авіаційні комплекси "Міні (тактичні поля бою)" // - Брошура. – 2018. – С.55.
3. Звіт про НДР "Ластівка".