

**САМКОВ О.В.**, головний науковий співробітник, доктор технічних наук, професор  
**ЄРМОЛАЄВ І. Р.**, начальник науково-дослідної лабораторії, кандидат технічних наук

**ЗАХАРЧЕНКО Ю.А.**, аспірант Національного авіаційного університету

## МЕТОДИ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЗРАЗКІВ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

*У статті запропоновано методуку вирішення задачі обґрунтування вибору зразків безпілотних літальних апаратів на основі методу аналізу ієрархій*

У сучасних умовах інтенсивного розвитку безпілотної авіації в світі, широкої номенклатури зразків безпілотних літальних апаратів (БпЛА), що пропонуються на міжнародному ринку, виникає задача вибору кращого зразка за критерієм «якість (ефективність)–вартість». Помилки при виборі та закупівлі партій БпЛА можуть привести до зниження ефективності їх застосування, необґрунтованим витратам та ін.

Для вирішення завдань вибору зразків БпЛА, які відносяться до складних технічних систем (СТС), існує ряд підходів. Ці підходи більшою мірою ґрунтуються на емпіричних експертних оцінках, в яких присутні суб'єктивні помилки, що не дозволяє приймати достатньо обґрунтоване рішення по вибору кращого з варіантів БпЛА.

Задача порівняльної оцінки та вибору оптимальних зразків БпЛА за критеріями «якість (ефективність)–вартість» може мати однокритеріальну і багатокритеріальну постановки.

Постановку багатокритеріальної задачі можна сформулювати в такому вигляді: з множини  $J$  порівнювальних зразків БпЛА ( $j_k = \overline{1; J}$ ) заданого  $k$ -го класу та одного призначення, зі своїм переліком характеристик (показників)  $X$ , що порівнюються ( $x = \overline{1; X}$ ) і описуються інтегральним показником якості БпЛА (ІПЯ), необхідно вибрати за критеріями якості (ефективності) та вартості оптимальний зразок БпЛА  $j_{k_{opt}}$  з максимальним рівнем інтегрального показника якості  $ІПЯ_{max}$  при мінімальному рівні вартісних витрат  $C_{min}$ .

При зведенні одного з критеріїв «якість (ефективність)–вартість» в розряд обмежень задача вибору БпЛА може зводитися до однокритеріальної.

Задача порівняльної оцінки та вибору оптимальних зразків СТС (БпЛА) відноситься до класу задач кваліметрії. Для її вирішення запропоновано метод аналізу ієрархій (МАІ) [1], який відноситься до багатокритеріальних методів прийняття рішень. Він базується на ієрархічній послідовності або мережевій структурі представлення моделі прийняття рішень і визначення пріоритетів альтернативних варіантів на підставі міркувань особи, яка приймає рішення (ОПР).

Для порівняльної оцінки та вибору зразків БпЛА обрана чотирирівнева ієрархічна структура (рис. 1), що включає комплексне представлення даних по БпЛА, серед яких: їх призначення, класифікація, задачі, що вирішуються (перший рівень); характеристики, показники, критерії (другий рівень); інтегральні критерії оцінки зразків БпЛА (третій рівень); результат вибору зразків БпЛА на основі загального критерію (четвертий рівень).

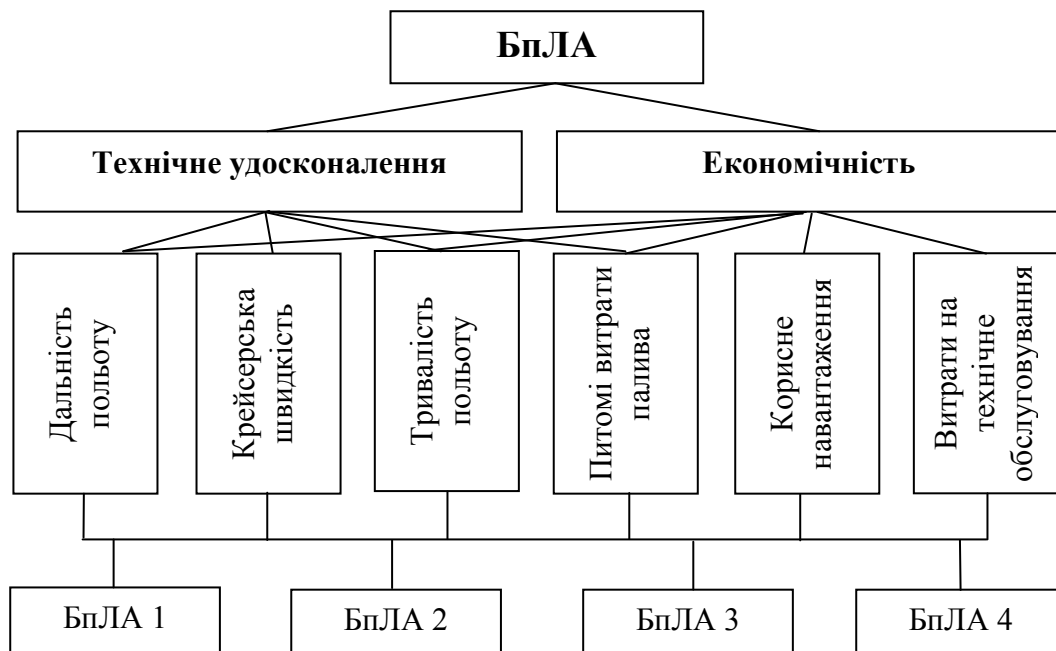


Рис. 1. Структурна схема зв'язків показників при виборі БпЛА на основі МАІ

МАІ базується на оцінках ступеня впливу факторів нижнього рівня ієрархії на критерії та показники вищих рівнів при найбільш повному врахуванні всіх вагомих показників, що характеризують властивості порівнювальних зразків.

Алгоритм порівняльної оцінки та вибору зразків БпЛА наведено в роботі [2]. Він складається з таких етапів:

1. Вибір показників й інтегральних критеріїв для проведення порівняльної оцінки.
2. Розробка структури вирішення задачі порівняльної оцінки та вибору зразків БпЛА.
3. Проведення попарного порівняння показників.
4. Розрахунок векторів–пріоритетів нижчих рівнів.
5. Розрахунок глобальних пріоритетів.

Вирішення задачі вибору на основі МАІ приводить до знаходження кращого варіанту БпЛА за критерієм «якість (ефективність)–вартість».

Для забезпечення більш повної оцінки технічного рівня БпЛА, при обґрунтуванні вибору зразка, необхідно розширення номенклатури показників, яка може включати десятки і сотні характеристик, об'єднаних в групи показників якості. Серед цих показників можна, в першу чергу, виділити: льотно-технічні характеристики і показники БпЛА, які характеризують позитивний ефект від використання за призначенням; економічні показники, що включають витрати на розробку, створення або закупівлю, експлуатацію, ремонт, модернізацію та

утилізацію; показники надійності функціонування БпЛА; технологічні показники; показники стандартизації, уніфікації та ін.

Збільшення переліку порівнюваних показників приводить до розширення множини Парето – оптимальних рішень [3], ускладнення рішення задачі вибору БпЛА, що значно ускладнює обґрунтування рекомендацій для ОПР з їх вибору. Застосування МАІ дозволяє визначити варіанти порівнювальних БпЛА, які відповідають вимогам критерію «якість (ефективність)–вартість», та побудувати область обраних варіантів.

При наявності більше одного варіанту рішення методика реалізує вибір кращого зразка БпЛА на основі другого методу шляхом порівняння їх технічних характеристик. В цьому випадку запропоновано адитивний вид цільової функції, яка описує технічний рівень порівнювальних зразків БпЛА.

В якості критерію (цільової функції), що описує технічний рівень зразків БпЛА, запропоновано коефіцієнт потенційних можливостей  $K_{ПМ}$  (КПМ), який дозволяє комплексно враховувати вплив широкої номенклатури їх тактико-технічних характеристик та параметрів технічних систем.

Він має вигляд адитивної функції, що враховує відносні оцінки приросту технічних характеристик і параметрів БпЛА з урахуванням коефіцієнтів їх важливості та ваг функціональних систем (ФС) і визначається за виразом:

$$K_{ПМ} = \mu \sum_{q=1}^Q \eta_q \sum_{k_q=1}^{M_q} \alpha_{k_q} \frac{X_{k_q} - X_{k_q}^{баз}}{X_{k_q}^{баз}},$$

де  $\alpha_{k_q}$  – ваговий коефіцієнт  $k$ –ї технічної характеристики  $q$ –ї ФС БпЛА;  $M_q$  – кількість технічних характеристик  $q$ –ї ФС БпЛА;  $\mu$  – коефіцієнт пропорційності;  $\eta_q$  – ваговий коефіцієнт  $q$ –ї ФС БпЛА;  $Q$  – кількість ФС БпЛА;  $X_{k_q}$ ,  $X_{k_q}^{баз}$  – значення  $k$ –ї технічної характеристики  $q$ –ї ФС порівнювального та базового зразків БпЛА, відповідно.

Негативна динаміка зниження функції  $K_{ПМ}$  означає, що технічний рівень порівнювального зразку БпЛА нижче базового та дозволяє віднести цей зразок до не ефективних.

Вагові коефіцієнти технічних характеристик і ФС БпЛА можуть бути визначені двома стандартними підходами на основі методу експертного опитування та методів регресійного й факторного аналізу.

Застосування даного комбінованого алгоритму для вибору кращих зразків БпЛА на основі двох методів дозволяє усунути недоліки окремих методичних підходів до вирішення задачі досліджень і використовувати їх переваги для рішення задачі вибору БпЛА.

Узагальнений алгоритм (рис.2) вирішення даної задачі на основі комбінованого методу включає два основних етапи: на першому – для вибору

кращих зразків БпЛА застосовується МАІ, на другому (при необхідності) – застосовується метод згортки для цільової функції КПМ.

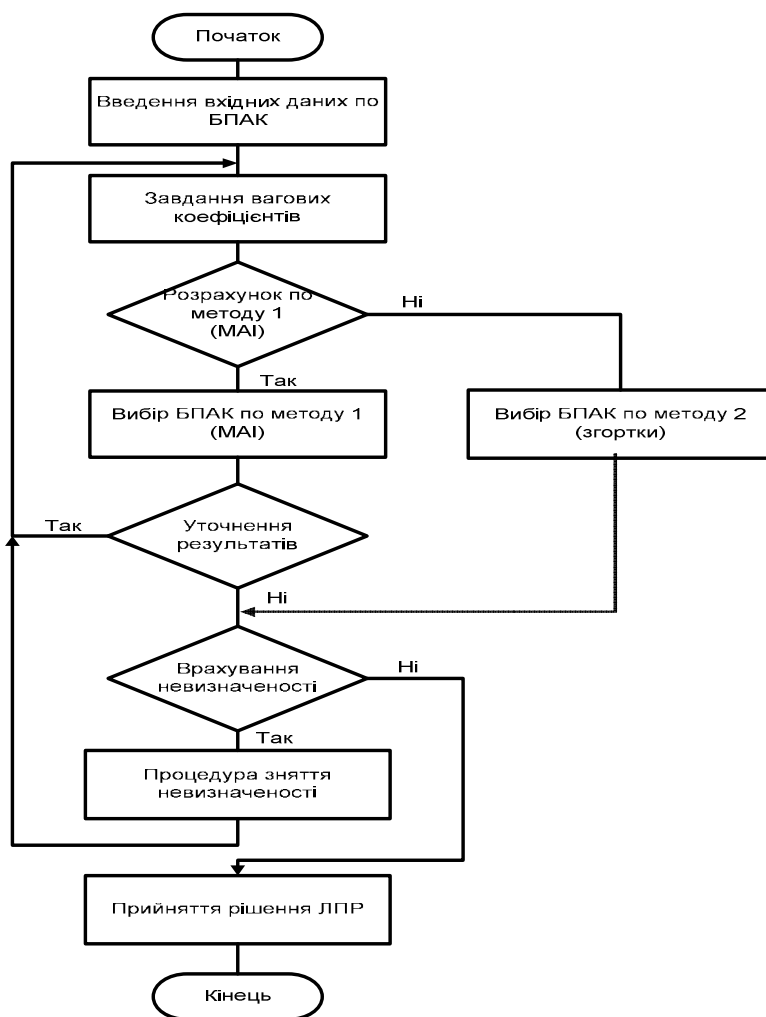


Рис. 2. Узагальнений алгоритм рішення задачі вибору БпЛА комбінованим методом

В комбінованому алгоритмі також застосована функція вибору БпЛА з урахуванням невизначеності рекламних вихідних даних щодо зразків БпЛА, які пропонуються на ринку. Вирішення задачі з невизначеністю базується на застосуванні песимістичних, оптимістичних і середніх оцінок [4].

На базі запропонованого алгоритму порівняльної оцінки та вибору БпЛА розроблена відповідна методика, яка апробована при вирішенні задачі вибору зразків БпЛА. Результати рішень підтверджені на тестових прикладах [2]. Розроблений алгоритм взятий за основу при створенні відповідної системи підтримки та прийняття рішень (СППР). Одна з форм представлення результатів вибору в СППР представлена на рис.3.

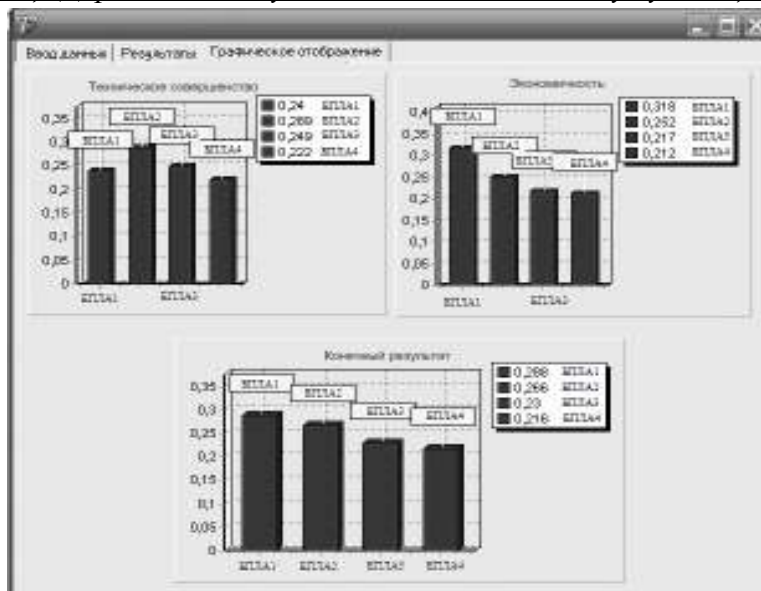


Рис.3. Одна з форм представлення результатів рішення в СППР

Таким чином, на основі розроблених методів вирішена задача порівняльної оцінки та вибору зразка БпЛА. Розроблений методичний апарат може бути застосований при створенні СППР, яка дозволить забезпечити оперативне рішення задач з вибору порівнювальних зразків БпЛА, підвищити обґрунтованість результатів вибору та уникнути значних втрат на основі помилкових рішень.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.
2. Самков О.В., Захарченко Ю. А, Корнієнко О.В. Алгоритм вибору зразків безпілотних літальних апаратів на основі показників їх досконалості// Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы.– Херсон, ХНТУ.– №1(23).– 2009, С.110–114.
3. Брахман Т. Р. Многокритериальность и выбор альтернативы в технике. –М.: Радио и связь, 1984. – 288 с
4. Зайченко Ю. П. Исследование операций. – К.: Вища шк., 1988. – 552 с.

*Надійшла до редакції 29.10.2009*