

УДК 623.746.519

СТЕШЕНКО П.М., науковий співробітник

ВОЛЧЕНКОВ О.В., старший науковий співробітник

ЛУЖБИНА О.Б., науковий співробітник

МАМОНОВА Н.Л., науковий співробітник

МЕТОДИКА БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ВИБОРУ РОЗВІДУВАЛЬНИХ БпАК

Статтю присвячено вирішенню актуальної науково-практичної задачі створення методики багатокритеріального вибору розвідувальних БпАК з урахуванням ефективності їх бойового застосування, фінансових витрат та уникнення ризиків реалізації закупівельних проектів

Ключові слова: розвідувальний безпілотний авіаційний комплекс, ефективність бойового застосування, вартість, ризики, багатокритеріальний вибір, парето-оптимальність, раціональний (компромісний) варіант.

Досвід проведення антитерористичної операції на сході України показав, що розвідувальні безпілотні авіаційні комплекси (БпАК) ВР-2 та ВР-3, які знаходяться на озброєнні ПС ЗС України протягом останніх 25...30 років, не відповідають сучасним вимогам як за льотно-тактичними, так і за технічними характеристиками бортового розвідувального обладнання, навіть по завершенню реалізації проектів їх модернізації, що наразі розглядаються. Отже залишається гострою потреба в оснащенні ЗС України новими сучасними, досконалими зразками розвідувальних БпАК [1].

Серед можливих шляхів задоволення згаданої потреби є закупівля нових сучасних комплексів іноземного або вітчизняного виробництва. Він розглядається керівництвом, як початкова задача найближчої перспективи. Разом з тим наявність на ринку озброєнь значної кількості альтернативних зразків (навіть у одному класі БпАК) робить процес прийняття раціональних рішень щодо вибору потрібного зразка складним і багатогранним, що повинно передбачати використання досконалого науково-методичного апарату підтримки таких рішень.

У процесі відповідних досліджень було проаналізовано існуючі та можливі методи теорії прийняття рішень, що можуть бути використані при виборі раціонального зразка БпАК як складної технічної системи. Існуючі методичні підходи до вибору зразків ОВТ засновані переважно на аналітичній ієрархії, кваліметричних моделях і математичному (імітаційному) моделюванні. Аналіз показав, що вони мають суттєві обмеження при їх практичному застосуванні для вирішення задачі вибору раціональних зразків БпАК, що не дозволяють коректно вирішувати задачі багатокритеріального вибору [2].

Проведений аналіз також показав, що вибір раціональних варіантів БпАК доцільно розглядати як формальну (в умовах визначеності) задачу вибору в багатокритеріальній постановці при рівноважливому значенні критеріїв, вирішення якої необхідно будувати на послідовному застосуванні двох методів: методу Парето (для звуження області можливих альтернативних варіантів БпАК до їх парето-оптимальної множини) та методу ідеальної точки (для визначення раціональних (компромісних) варіантів БпАК з визначеної попередньо парето-оптимальної області) [3...6]. Такий підхід обумовлено тим, що виділена множина включає тільки оптимальні варіанти розвідувальних БпАК тактичного класу, які з методологічної точки зору є однаково "корисними" при вирішенні задачі багатокритеріального вибору. Однак і така їх кількість ускладнює прийняття остаточного рішення ОПР на закупівлю певного (раціонального / компромісного) типу БпАК.

Визначення такого раціонального / компромісного варіанту БпАК в роботі здійснюється за методом ідеальної точки (методом цільового програмування)

Критеріями вибору раціональних зразків розвідувальних БпАК з числа альтернативних було обрано:

ймовірність виконання бойового завдання;

питому вартість утримання продовж призначеного строку служби;

реалізованість закупівельного проекту.

Основна задача дослідження, як задача багатокритеріального вибору, формулюється так: у тривимірному критеріальному просторі "ймовірність виконання бойової задачі – питома вартість утримання – реалізованість закупівельного проекту" сформувані допустиму з точки зору класифікації множину альтернативних БпАК й виділити з неї парето-оптимальну область, визначити з якої раціональні (компромісні) варіанти БпАК.

На основі часткових методик оцінювання критеріїв вибору (ймовірність виконання бойового завдання, питома вартість утримання продовж призначеного строку служби, реалізованість закупівельного проекту), було розроблено методику багатокритеріального вибору раціонального варіанту розвідувального БпАК, загальну структурну схему якої представлено на рис. 1.

На першому етапі здійснюється постановка (уточнення) задачі, тобто формулюються відповідні уподобання (переваги) особою, що приймає рішення (ОПР), і вид необхідного впорядкування варіантів БпАК. Уточнюється мета вибору зміст поняття "раціональний варіант БпАК" і визначається при цьому тип (клас, вид) БпАК, що вибираються.

На другому етапі формується перелік альтернативних варіантів розвідувальних БпАК на основі аналізу ринку озброєнь, техніко-комерційних пропозицій, що надійшли, досвіду реалізації закупівельних проектів у сфері БпАК тощо.

На цьому ж етапі готується масив вихідних даних для оцінювання БпАК за критеріями вибору стосовно оцінювання ефективності бойового застосування (ЕБЗ), питомої вартості утримання БпАК і реалізованості закупівельних проектів на основі аналізу ТТХ альтернативних розвідувальних БпАК, досвіду їх бойового застосування, статей витрат, пов'язаних з придбанням та утриманням БпАК,

потенційних постачальників БпАК тощо.

На третьому етапі відбувається формування допустимої області альтернативних варіантів розвідувальних БпАК у тривимірному критеріальному просторі на основі результатів оцінювання альтернативних варіантів за критеріями вибору – ймовірністю виконання бойового завдання [7], питомою вартістю утримання БпАК впродовж призначеного строку служби [8] й реалізованістю закупівельного проекту з придбання БпАК.

На четвертому етапі здійснюється звуження допустимої області альтернативних варіантів розвідувальних БпАК до парето-оптимальної на основі відомого алгоритму формування множини Парето [6].

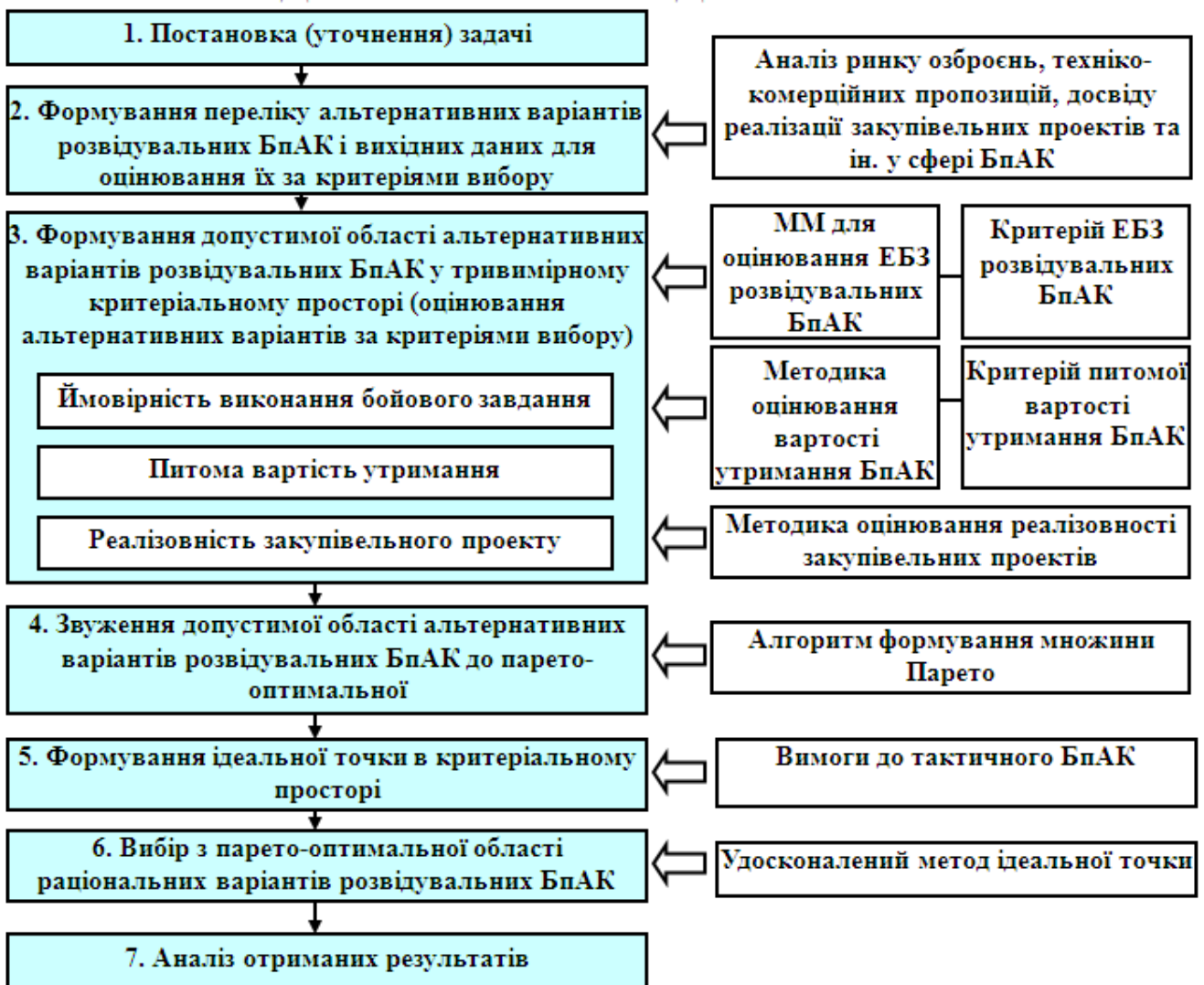


Рис. 1. Загальна структурна схема методики багатокритеріального вибору розвідувальних БпАК

На п'ятому етапі виконується побудова ідеальної точки (“ідеального” варіанту БпАК) у критеріальному просторі. При цьому, запропоновано для використання в відповідному контексті удосконалений метод ідеальної точки, що полягає у відмові від уявного (не існуючого в природі) варіанту БпАК з гранично максимальною

ефективністю й нульовою вартістю, а, натомість, утворення такого варіанту, що формується на основі положень керівних документів.

На шостому етапі здійснюється вибір за допомогою удосконаленого методу ідеальної точки, заснованому на принципі задоволення умови мінімуму відстані до точки ідеалу у критеріальному просторі, з парето-оптимальної області раціональних варіантів розвідувальних БпАК, отриманої попередньо на четвертому етапі процесу.

На сьомому заключному етапі виконується аналіз отриманих результатів, відповідність визначених раціональних варіантів БпАК уподобанням (перевагам) ОПР, прийняття остаточного рішення на закупівлю потрібного зразка БпАК або корегування вихідних даних для усунення недоліків, виявлених ОПР.

Апробацію представленої методики здійснено при виборі тактичних розвідувальних БпАК.

Множина альтернативних варіантів існуючих серійних зразків розвідувальних БпАК тактичного класу при апробації методики склала 13 одиниць: Shadow RQ-7A (США); Hermes 90 (Ізраїль); Sperwer B (Франція); Aerostar (Ізраїль); Aerolight (Ізраїль); Luna (Німеччина); Scan Eagle (США); Skylark II (Ізраїль); Viking 400 (США); Shahpar (Пакистан); Siva (Іспанія); Seeker 400 (ПАР); Falco (Італія).

Також для попередньої порівняльної оцінки конкурентоспроможності до множини альтернативних варіантів було введено проект вітчизняного розвідувального БпАК тактичного класу АН-БК-1, що на цей час розробляється державним підприємством “Антонов”.

Типовий сценарій застосування оцінюваних БпАК передбачав розташування об'єкту розвідки в тактичній глибині (до 60 км від лінії бойового зіткнення), подолання на маршруті польоту таких засобів ППО противника, як переносний зенітний ракетний комплекс “Игла-С” і зенітний артилерійський комплекс “Оса-АКМ”. Типовим об'єктом розвідки обрано артилерійську батарею на вогневій позиції, озброєною гаубицями (гарматами). Даний об'єкт розвідки характеризується мінімальними значеннями показників лінійної розрізненості на місцевості у порівнянні з іншими типовими об'єктами розвідки, що значно ускладнює процес його виявлення. Отже оцінювання ЕБЗ БпАК здійснюється для найскладнішого, з точки зору розвідки, типового об'єкта, визначеного в керівних документах.

Аналіз отриманих даних показує, що за критерієм ЕБЗ перевагу мають БпАК Hermes 90 (Ізраїль), Skylark II (Ізраїль), Aerolight (Ізраїль), Shadow RQ-7A (США). Високе значення показника ймовірності виконання бойового завдання для вказаних зразків БпАК забезпечується, в першу чергу, коштом відповідних характеристик бортового розвідувального обладнання, тривалості польоту, маси корисного навантаження, максимальних висоти та швидкості польоту, а також порівняно незначних геометричних розмірів БпЛА, що забезпечує мінімальну візуальну його помітність при подоланні засобів ППО противника.

За критерієм питомої вартості утримання перевагу мають БпАК Aerostar (Ізраїль), Aerolight (Ізраїль), Shadow RQ-7A (США). Низька питома вартість утримання вказаних зразків БпАК забезпечується, в першу чергу, коштом порівняно низької вартості БпЛА та льотної години їх експлуатації.

За критерієм реалізованості ЗП перевагу мають американські БпАК

Shadow RQ-7A, Scan Eagle, Viking 400, французький Sperwer B і німецький Luna. Успішність реалізації ЗП вказаних зразків БпАК забезпечується, в першу чергу: високим рівнем надійності (міжнародного авторитету) компанії-постачальника АТ і достатнім рівнем ВТС з країною постачальником.

Ідеальна точка (“ідеальний” варіант розвідувального БпАК тактичного класу) з урахуванням нормування критеріального простору має координати (0,83;0,14;0,91).

Визначення раціонального (компромісного) варіанту розвідувального БпАК тактичного класу з числа ефективних (парето-оптимальних) здійснювалося за умовою мінімуму відстані D_i^{TI} до ідеальної точки в нормованому критеріальному просторі:

$$D_i^{TI} = \sqrt{(\overline{P}_{бз_{TI}}^{\Sigma} - \overline{P}_{бз_i}^{\Sigma})^2 + (\overline{C}_{num_{TI}} - \overline{C}_{num_i})^2 + (\overline{\Omega}_{TI} - \overline{\Omega}_i)^2} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де $\overline{P}_{бз_{TI}}^{\Sigma}$, $\overline{C}_{num_{TI}}$, $\overline{\Omega}_{TI}$ – нормовані значення відповідних показників вибору БпАК.

Результати визначення раціонального (компромісного) варіанту розвідувального БпАК тактичного класу приведено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати визначення раціонального (компромісного) варіанту розвідувального БпАК тактичного класу

№ пп	Найменування БпАК (країна-постачальник)	Значення критеріїв вибору (натуральні / нормовані)			Відстань до ідеальної точки D_i^{TI}	№ пріоритету
		$\overline{P}_{бз_i}^{\Sigma}$	\overline{C}_{num_i}	$\overline{\Omega}_i$		
1.	Shadow RQ-7A (США)	0,60/0,60	1,50/0,33	0,85/0,85	0,30	1
2.	Hermes 90 (Ізраїль)	0,62/0,62	1,66/0,44	0,70/0,70	0,42	4
3.	Aerostar (Ізраїль)	0,53/0,53	1,43/0,29	0,72/0,72	0,35	2
4.	Aerolight (Ізраїль)	0,52/0,52	1,54/0,36	0,73/0,73	0,37	3
5.	проект АН-БК-1 (Україна)	0,56/0,56	1,21/0,14	0,91/0,91	0,27	–

З таблиці 1 видно, що найменше значення показника D_i^{TI} серед серійних зразків оцінюваних БпАК має Shadow RQ-7A виробництва американської компанії ААІ Corporation, який і визначено як раціональний (компромісний) варіант розвідувального БпАК тактичного класу.

Оцінювання проекту вітчизняного розвідувального БпАК АН-БК-1 показало, що за умови практичної реалізації закладених на стадії проектування тактико-техніко-економічних вимог (рішень) цей комплекс за показником мінімуму відстані до ідеальної точки в нормованому критеріальному просторі буде переважати комплекс Shadow RQ-7A на 11 %, що зробить АН-БК-1 пріоритетним серед розглянутих альтернативних варіантів БпАК.

ЛІТЕРАТУРА

1. Згурец С.Г. Оружие Украины. Беспилотники: призыв на войну. Беспилотные авиационные комплексы: создание и применение / Згурец С.Г. – К.: 2015. – 96 с.

2. Беспилотные авиационные комплексы: Методика сравнительной оценки боевых возможностей / (Митрахович М.М., Силков В.И., Самков А.В., Бурштынская Х.В., Станкевич С.А., Семенов В.Б.) под ред. В.И. Силкова. – К.: ЦНИИ ВВТ ВС Украины. 2012. – 288 с.
3. Сложные технические и эргатические системы: методы исследования: монография / Ворнин А. Н., Зиятдинов Ю. К., Харченко А. В., Осташевский В. В. // – Х. : Факт, 1997. – 240 с.
4. Большие технические системы: проектирование и управление: Монография / Артюшин Л.М., Зиятдинов Ю.К., Попов И.А., Харченко А.В.; под ред. Попова И.А. – Харьков: Издательство "Факт", 1997. – 400 с.
5. Попов И.А. Исследование и проектирование больших технических систем. / Попов И.А., Скворцов В.В., Мицитис А.К. – К.: КИ ВВС, 1995. – 252 с.
6. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. Подиновский В.В., Ногин В.Д. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 256 с.
7. Стешенко П.М. Математична модель для оцінювання ефективності бойового застосування розвідувальних безпілотних авіаційних комплексів / Стешенко П.М. // Науково-технічний журнал Озброєння та військова техніка – К.: 2016. – Вип. № 2(10) – С. 26 – 29.
8. Стешенко П.М. Методичні особливості оцінювання фінансових витрат у системі вибору альтернативних зразків безпілотних авіаційних комплексів військового призначення / Леженін С.І., Стешенко П.М. // Збірник наукових праць ДНДІА – К.: ДНДІА, 2016. – Вип. № 12(19) – С. 102 – 108.

Надійшла до редакції 28.11.2017

Рецензент: ДТН Мавренков О.Є.