

УДК 623.7355

Ю.І. Миргород, А.В. Приймак

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМНИХ ПИТАНЬ ПРИ ВИРІШЕННІ ЗАДАЧ ФОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО СУЧАСНИХ УДАРНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ

Виконано аналіз проблемних питань наукового обґрунтування вимог до сучасних авіаційних комплексів та при виборі їх оптимальних варіантів. Базуючись на проведених дослідженнях, надані рекомендації щодо шляхів вирішення деяких з них.

Ключові слова: *авіаційний комплекс, оптимальний варіант, коефіцієнт бойового потенціалу, модель.*

Вступ

З усіх пострадянських республік на початку та в середині 90-х років Україна мала у своєму розпорядженні найбільш потужні Військово-Повітряні Сили (ВПС) у Європі. Адже на її території базувалася велика частина Ту-160, МіГ-29 і Су-27. Загалом за даними відкритих джерел авіаційний парк Міністерства оборони України, Міністерства внутрішніх справ та Державної прикордонної служби України складався із більш ніж 2000 літальних апаратів різ-

них типів. Зрозуміло, що утримання такого авіаційного угруповання навіть для економічно успішних країн є достатньо обтяжливою задачею. Тому зрозумілим є прагнення державного та військового керівництва України щодо реформування ВПС, про що й було заявлено в березні 2000 року. Але і тоді і, на превеликий жаль, сьогодні основний упор робився і робиться на скорочення чисельності бойового парку без реалізації масштабних заходів підвищення його якісного стану. Так, дійсно, вказаний підхід

дозволяє забезпечити певний резерв часу, а при розумній його реалізації і коштів, на створення умов, які б спростили в майбутньому процес формування компактного та високоефективного авіаційного угруповання, склад та можливості якого відповідали б сучасним світовим стандартам. Однак, роки політичної та економічної нестабільності держави не дозволили в повній мірі реалізувати можливості перехідного періоду та привели до втрати дорогоцінного часу. Вже сьогодні ми стикаємося із проблемою прийняття рішення щодо реалізації заходів з оновлення парку авіаційної техніки (АТ). І в цьому плані завдання науки надати замовнику перелік науково обґрунтованих вимог, які б дозволяли приймати рішення про формування авіаційного угруповання України за принципом максимуму критерію «ефективність-вартість».

Задача обґрунтування раціональних вимог до комплексів озброєння і військової техніки сьогодні набрала нового значення, оскільки замовнику доводиться приймати рішення в більш жорстких умовах невизначеності (велика номенклатура засобів та систем, конкуренція серед виробників, відсутність достовірної інформації про дійсні можливості АТ) при дії більш жорсткої (у порівнянні із ХХ століттям) системи обмежень: щодо фінансування проєктів; щодо технологічної досяжності поставлених задач; щодо часових затрат на розробку тощо. Тим не менше ми сьогодні володіємо достатніми знаннями, які потрібні для успішного її вирішення. В першу чергу хотілося б відмітити існуючу різноманітність задач, що можуть ставитись і вирішуватись в процесі модернізації в широкому сенсі авіаційного парку. Це насамперед:

1. Задача безпосереднього формування вимог до нової АТ.

2. Задача порівняння однотипних зразків АТ, що мають одне й те ж цільове призначення. Мета – оцінка рівня відповідності основних властивостей зразків АТ новим вимогам.

3. Задача оцінювання відповідності властивостей досліджуваної АТ властивостям вже існуючих зразків схожого цільового призначення. **Мета** – оцінка відповідності властивостей зразка АТ не новим вимогам, а властивостям інших зразків схожого цільового призначення.

Методична база вирішення цих задач відпрацьована досить повно і складається із великої кількості різноманітних методів, які можуть бути виділені в окремі групи:

- статистичні методи прийняття рішення, до яких відносяться методи спектрального та кореляційного аналі-

зу, метод регресійного аналізу та головних компонентів, метод головних факторів, метод мінімальних залишків, метод статистичного градієнта [1 – 3];

- методи аналізу ієрархій, до яких можна віднести метод аналізу (аналітичних) ієрархій, метод ідеальної точки та метод ЕЛЕКТРА. Вони базуються на ієрархічній або сітьовій структурі представлення моделі прийняття рішення і визначення пріоритетів альтернативних варіантів [4-6];

- оптимізаційні методи прийняття рішення [7].

В роботах [1, 8] наведено докладний аналіз ефективності перерахованих методів. Однак слід все-таки мати на увазі, що основним та мабуть найбільш ефективним методом вирішення поставлених задач (особливо це стосується формування вимог до нової авіаційної техніки) є метод імітаційного моделювання. Загальна схема методу стосовно застосування ударного авіаційного комплексу (УАК) представлено на рис. 1

При вирішенні задач порівняння (друга та третя задачі нашого списку) одним із самих широко застосовуваних методів є метод аналізу ієрархій (МАІ). В роботі [8] досить докладно дано характеристику даного методу та етапів його реалізації. Що ж стосується даної роботи, то тут хотілося б відмітити ті проблеми, що мають місце при його застосуванні. Це насамперед невизначеність, що має місце при формуванні сукупностей показників для порівняльної оцінки зразків АТ, їх залежність від задач, що вирішуються, а також складність врахування взаємозв'язків між показниками. Іншим недоліком є можливість отримання результатів з однаковими чи близькими значеннями, що затрудняє прийняття

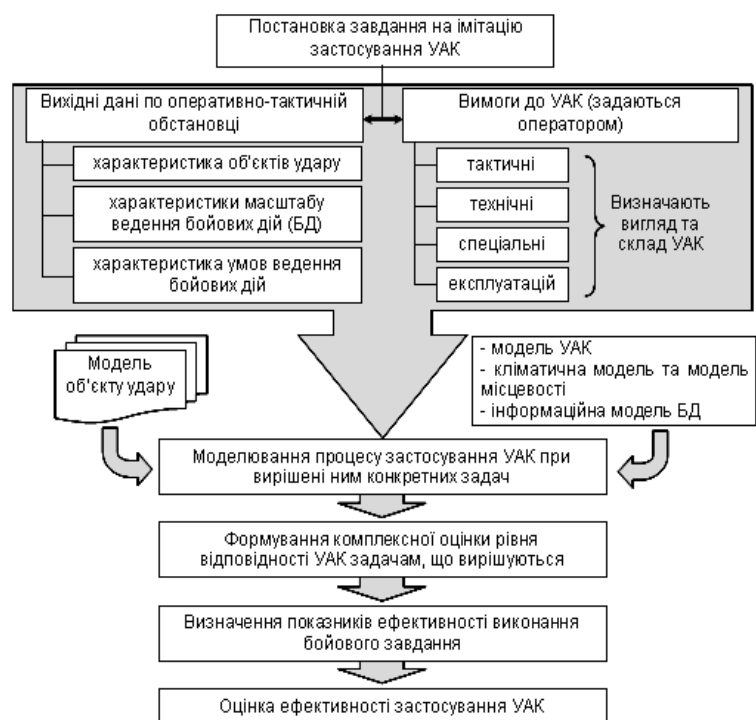


Рис. 1. Структура імітаційної моделі застосування УАК

рішення й потребує використання додаткової інформації про зразок, а це в свою чергу призводить до суттєвого збільшення розмірності вихідної задачі. Це, а також потреба в якомога більш повному врахуванні технічного рівня об'єкту АТ призводять до розширення множини Паретто – оптимальних рішень [9], ускладнює вирішення завдання вибору.

Звичайно, завжди є можливість застосувавши відповідні методи (наприклад, метод згортки) отримати потрібне рішення. Так, для прийняття рішення в умовах невизначеності, можуть бути використані відповідні критерії оптимальності [10]. У випадку великої кількості показників, що порівнюються, виконується скаляризація векторного критерію з використанням методу згортки. Однак, практично в усіх випадках знову ж таки виникають питання формування критерію оцінки.

Зрозуміло, що в кожному випадку формуються та досліджуються критерії, склад яких залежить від задач дослідження, методу, який застосовується та інших факторів більш низького рівня. Саме в цьому й полягає **основна проблема**.

Результати досліджень

Загалом можна виділити два підходи щодо формування узагальненого критерію ефективності застосування озброєння та військової техніки (ОВТ). В основі першого підходу лежить використання методу експертного опитування. Тут відповідні кількісні значення ефективності можуть визначатися або безпосередньо у результаті опитування експертів з наступною їх математичною обробкою, або лежати в основі більш складних підходів. Що ж стосується другого підходу, то це підхід, який базується на застосуванні методів моделювання виконання типових задач УАК.

Вказані підходи повинні забезпечувати формування критеріїв у відповідності з рядом вимог [7]. До них можна віднести:

- відповідність критерію меті, яка повинна бути досягнута при використанні УАК;
- можливість математичного описання і кількісного визначення міри відповідності досягнутого результату поставленій меті;
- забезпечення повноти відображення суттєвих сторін об'єкту, що досліджується, чутливість до зміни технічних характеристик і змінних параметрів, раціональні значення яких потрібно визначити для різних умов застосування об'єкту;
- можливість відображення досягнутої науково-технічної досконалості об'єкту;
- простоту, наглядність і доступність для сприйняття по фізичному смислу, легкість обчислення і аналізу;
- відповідність ієрархічній схемі побудови об'єкту та адекватність;

– однозначність у статистичному сенсі, стійкість рішень;

– можливість оцінювання ефективності різних альтернативних варіантів об'єктів, встановлення відношень впорядкованості та інші.

Використовуючи вказані вище підходи та опираючись на наведені принципи і вимоги авторами були зібрані відомості щодо вже існуючих критеріїв ефективності та виконано їх аналіз.

Так в якості основного критерію для оцінки бойової ефективності сучасного УАК використовується значення імовірності успішного виконання ним бойового завдання по знищенню наземних цілей. Розглядаючи при цьому виконання бойової задачі як процес, що реалізується в часі, а також використовуючи принцип розбиття основної задачі на ряд часткових задач, які вирішуються послідовно, можна записати вираз для вихідної імовірності $W_{бз}$ через імовірності вирішення часткових задач, наприклад

$$W_{бз} = W_{св} W_{н} W_{ППО} W_{вих} W_{в} W_{ат} W_{зн}, \quad (1)$$

де $W_{св}$ – імовірність своєчасного вильоту, наприклад, вертольотів, які розглядаються як основні виконавчі елементи УАК; $W_{н}$ – імовірність надійного функціонування УАК у процесі виконання бойового завдання; $W_{ППО}$ – імовірність подолання системи протиповітряної оборони противника; $W_{вих}$ – імовірність точного виходу вертольотів в район цілі; $W_{в}$ – імовірність виявлення цілі; $W_{ат}$ – імовірність успішного виконання атаки наземної цілі; $W_{зн}$ – імовірність знищення наземної цілі у процесі виконання атаки.

Важливою особливістю такого підходу є однозначна залежність складових, що входять в (1), від ефективності функціонування основних структурних складових комплексу, рівня основних тактико-технічних показників УАК та характеристик систем озброєння вертольотів, які входять до їх складу. Це дозволяє, при уведенні певних припущень, суттєво спростити вираз (1), а відповідно й задачу визначення вихідної імовірності $W_{бз}$.

Так, в [11] наводяться значення для $W_{ППО}$, $W_{ат}$, які для бойових вертольотів дорівнюють 0,95-0,98 та 0,8-0,9 відповідно. В інших джерелах можна знайти $W_{зн} = 0,9$. Що ж стосується надійності, то виходячи із вимог забезпечення безпеки польотів (відмова призводить до загрози життю екіпажу) $W_{н} \geq 0,996$. Враховуючи наведені значення отримаємо:

$$W_{бз} = 0,8 W_{св} W_{вих} W_{в}. \quad (2)$$

Даний підхід широко використовується для визначення ефективності ОВТ при застосування імітаційних моделей різного ступеня складності, а також при побудові оптимізаційних моделей. В останньо-

му випадку, дослідження, які проводилися авторами даної роботи з питань обґрунтування вимог до розвідувальних авіаційних комплексів різного призначення, свідчать про можливість отримання обґрунтованих рішень при додатковому використанні методів математичної статистики для обґрунтування значень основних обмежень оптимізаційної задачі.

Принципово інші підходи щодо визначення критеріїв ефективності використовуються при вирішенні задач порівняння. Так, при використанні методів, які базуються на застосуванні формальних схем згортки в якості узагальненого критерію, що оцінює технічну досконалість зразків УАК, часто використовується коефіцієнт потенційних можливостей ($K_{ПВ}$). Він враховує вплив широкої номенклатури тактико-технічних характеристик (ТТХ) та параметрів технічних систем УАК і може бути визначений за формулою:

$$K_{ПВ} = \mu \times \sum_{q=1}^Q \eta_q \sum_{k_q=1}^{M_q} \alpha_{k_q} \left[\left(\overline{X_{k_q}} \right)^n + \left(\overline{X_{k_q}} \right)^{n-1} + \dots + \left(\overline{X_{k_q}} \right) \right], \quad (3)$$

де μ – коефіцієнт пропорційності; η_q – ваговий коефіцієнт q -ї функціональної системи УАК; α_{k_q} – ваговий коефіцієнт k -ої ТТХ q -ї функціональної системи УАК; $\overline{X_{k_q}} = \left(X_{k_q} - X_{k_q}^{баз} \right) / X_{k_q}^{баз}$ – відносний приріст k -ї ТТХ q -ї функціональної системи УАК; X_{k_q} , $X_{k_q}^{баз}$ – значення k -ої значимої ТТХ k -ої значимої ТТХ q -ої функціональної системи УАК, що порівнюється і базового відповідно.

Згідно з іншим підходом, який запропонований групою дослідників під керівництвом д.т.н. Леонтьєвим О.Б. ефективність УАК може бути визначено коефіцієнтом бойового потенціалу:

$$K_{БП} = \sum_{i=1}^S \omega_i K_i^*, \quad i = 1 \dots 5, \quad (4)$$

де $\sum_{i=1}^S \omega_i = 1$, $\omega_i \geq 0$; ω_i – ваговий коефіцієнт i -ої групи властивостей; K_i^* – частка $K_{БП}$, що зумовлена i -ю властивістю.

Формування груп властивостей для визначення $K_{БП}$ згідно із (4) виконується на основі аналізу дерева цілей.

Що ж стосується значень коефіцієнтів K_i^* , то вони є функціями відповідних властивостей УАК і можуть бути визначені різними методами.

Однак, на наш погляд, перспективним тут є застосування методу МАІ у відповідності з алгоритмом, який представлено на рис. 2.

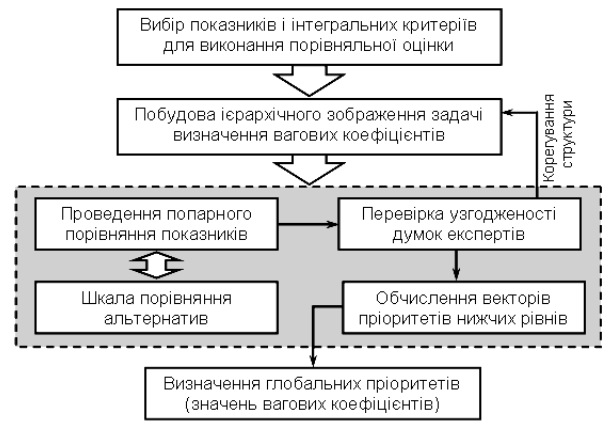


Рис. 2. Структура алгоритму визначення вагових коефіцієнтів моделі методом МАІ

Відмінною рисою вказаного алгоритму є застосування технології перевірки узгодженості думок експертів при формуванні матриць попарного порівняння показників на різних ієрархічних рівнях. Її застосування обумовлене необхідністю зменшення рівня суб'єктивності при визначенні значень вагових коефіцієнтів відповідних груп властивостей.

Важливим недоліком усіх перерахованих критеріїв є необхідність їх перерахунку у відповідності із типом задач, що вирішуються, та умов застосування. Тому сьогодні різними науковими школами ведуться активні дослідження питань розробки універсального критерію оцінки ефективності ОВТ різного призначення.

В закінченні аналізу проблемних питань при вирішенні задач формування вимог до сучасних УАК хотілося б більш докладно зупинитися на питаннях визначення вартості останніх. Це обумовлено необхідністю врахування фінансових витрат на створення УАК, а також його застосування за призначенням при обґрунтуванні вибору оптимального варіанту за критерієм «ефективність-вартість», що є особливо важливим в умовах сьогодення.

Однак, на даний час не існує єдиної методики визначення даного показника, а тим більше його прогнозування. Класичні методи базуються на врахуванні впливу на вартість зразка АТ вартостей складових етапів його створення, виробництва та експлуатації. По зрозумілим причинам, хоча вони і є найбільш точними і використовуються безпосередньо при формуванні кінцевої вартості продукції, однак у більшості випадків не можуть бути застосовані у відповідних дослідних моделях із-за недоступності більшості потрібної для їх реалізації інформації. Саме тому для вирішення практичних задач використовуються різні прогностичні моделі вартостей.

Так, авторами роботи досліджувалися питання можливості прогнозування вартості бойових та транспортно-бойових вертольотів із використанням інформації щодо їх масових характеристик та коефіцієнта бойового потенціалу. Було встановлено, що

точність прогнозування вартості вертольотів в першому випадку досягається на рівні 30 - 50%. На рис. 3 а наведено вигляд залежності вартості від маси пустого вертольоту. Поряд на рис. 3 б наведено залежність вартості вертольотів від коефіцієнта бойового потенціалу. В останньому випадку точність моделі складає 15 - 38%.

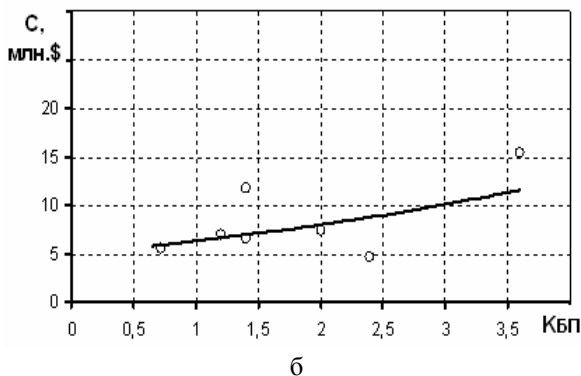
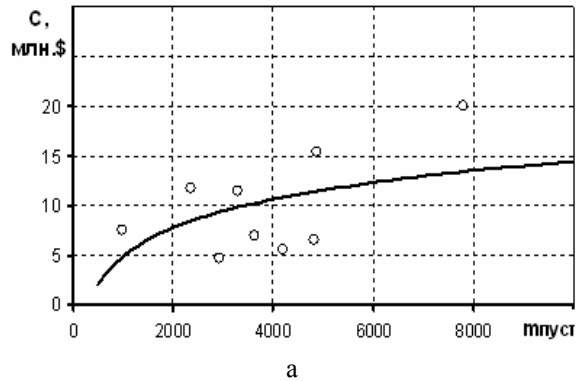


Рис. 3. Залежності вартості від маси вертольотів (а) та коефіцієнту їх бойового потенціалу (б)

Висновки

Таким чином, в роботі розглянуті основні проблемні питання, що стосуються розробки вимог до сучасних УАК та виконання порівняльного аналізу із використанням різномірних критеріїв ефективності. Встановлено, що вибір останніх, рівно як і вибір методів дослідження, залежить від вирішуваної задачі і потребує від дослідника знань особливостей

застосування останніх. В будь-якому випадку досліднику слід мати на увазі, що найбільш бажаним є використання комплексного підходу при вирішенні аналізованих задач, що часто не лише дозволяє отримати більш достовірні результати, але й спростити процес дослідження.

Список літератури

1. Сакун Л.П. Оцінка методів порівняння зразків (комплексів) озброєння / Л.П. Сакун, І.О. Кондратюк // Збірник наук. праць. – Хмельницький: НАПВУ, 2001. – № 16, Ч. II. – С. 92-98.
2. Руднев В.Е. Формирование технических объектов на основе системного анализа / В.Е. Руднев, В.В. Володин, К.М. Лучанский и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 320 с.
3. Харман Г.М. Сучасний факторний аналіз / Г.М. Харман. – М.: Статистика, 1972. – 486 с.
4. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т.Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.
5. Фишборн П.П. Теория полезности для принятия решения. / П.П. Фишборн; под ред. Н.Н. Воробьева. – М.: Наука, 1978. – 352 с.
6. Гафт М.Г. Принятие решений при многих критериях / М.Г. Гафт. – М.: Знание, 1979. – 64 с.
7. Артюшин Л.М. Большие технические системы: проектирование и управление / Л. М. Артюшин, Ю.К. Зиатдинов, И.А. Попов, А. В. Харченко; под. ред. И.А. Попова. – Х.: Факт, 1997. – 400 с.
8. Илюшко В.М. Беспилотные летательные аппараты: методики приближенных расчетов основных параметров и характеристик / В.М. Илюшко, М.М. Митрахович, А.В. Самков, В.И. Силков, О.В. Соловьев, В.И. Стрельников; под общ. ред. В.И. Силкова. – К.: ЦНИИ ВВТ ВС Украины, 2009. – 302 с.
9. Подиновский В.В. Паретооптимальные решения многокритериальных задач / В.В. Подиновский, В.Д. Ногин. – М.: Наука, 1982. – 232 с.
10. Бажин И.Н. Информационные системы менеджмента / И.Н. Бажин. – М.: ГУ ВШЭ, 2000. – 681 с.
11. Юдкевич Ю. Боевые возможности вертолетов армейской авиации / Ю. Юдкевич // Зарубежное военное обозрение. – М.: 1995. – № 7. – С.15-20

Надійшла до редколегії 3.12.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.А. Калкаманов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМНЫХ ВОПРОСОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ФОРМИРОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К СОВРЕМЕННЫМ УДАРНЫМ АВИАЦИОННЫМ КОМПЛЕКСАМ

Ю.И. Миргород, А.В. Приймак

Выполнен анализ проблемных вопросов научного обоснования требований к современным авиационным комплексам и при выборе их оптимальных вариантов. Базируясь на проведенных исследованиях, предоставлены рекомендации относительно путей решения некоторых из них.

Ключевые слова: авиационный комплекс, оптимальный вариант, коэффициент боевого потенциала, модель.

RESEARCH QUESTIONS PROBLEM AT DECISION OF TASKS REQUIREMENTS FORMING OF TO MODERN SHOCK AVIATION COMPLEXES

Yu.I. Mirgorod, A.V. Priymak

The analysis of problem questions of scientific ground of requirements is executed to the modern aviation complexes and at the choice of their optimum variants. Being based on the conducted researches, given recommendation in relation to the ways of decision some from them.

Keywords: aviation complex, optimum variant, coefficient of battle potential, model.