

**ХАРЧЕНКО О.В.**, начальник інституту, Заслужений діяч науки і техніки України, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, доктор технічних наук, професор

**РАТНИКОВ І.М.**, головний науковий співробітник, доктор технічних наук, старший науковий співробітник

## **ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕМОЖЦЯ ПРОЦЕДУРИ ДЕРЖАВНИХ ЗАКУПІВЕЛЬ ВІЙСЬКОВОЇ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ**

*У статті розглянуто деякі проблемні питання і розроблено конструктивні пропозиції щодо максимальної формалізації процедури прийняття тендерним комітетом рішення з визначення переможця конкурсу на право закупівлі за державні кошти товарів, робіт і послуг для підтримання заданого рівня справності військової авіаційної техніки*

У цей час питання підтримання заданого рівня справності військової авіаційної техніки (ВАТ) іноземного виробництва, що є на озброєнні Збройних Сил України, а також розробки нових вітчизняних зразків, набули особливої значущості у зв'язку з вичерпанням більшістю агрегатів та комплектувальних виробів ВАТ попередньо встановлених строків служби.

Заходи, які впроваджуються у Збройних Силах України щодо підтримання заданих експлуатаційних характеристик ВАТ, визначені „Порядком переведення та експлуатації за технічним станом військової авіаційної техніки, за якою не здійснюється авторський нагляд” [1] і засновані на переході від планово-попереджувальної системи експлуатації ВАТ до стратегії експлуатації за технічним станом з контролем рівня надійності, або з контролем параметрів.

З метою переведення ВАТ на експлуатацію за технічним станом, для кожного зразка розробляється перелік контрольно-відновлювальних робіт (КВР), які виконуються із обсягом, що перевищує обсяг регламентних робіт. Вони повинні забезпечити контроль технічного стану та відновлення справності і льотної придатності ВАТ [1]. Реалізація переліку КВР, крім відновлення зразків ВАТ шляхом ремонту, передбачає закупівлю окремих агрегатів та комплектуючих виробів.

Закупівля агрегатів та комплектувальних виробів ВАТ виконується відповідно до Закону України «Про закупівлю товарів, робіт і послуг за державні кошти» [2], який визначає правила та порядок взаємодії учасників процедури закупівлі. Законом, з метою конкурентного відбору і визначення найкращої пропозиції, передбачається проведення торгів (тендеру) проміж не менш чим трьома учасниками [2]. Вивчення, оцінка тендерних пропозицій та прийняття рішення щодо

переможця тендеру покладається на тендерний комітет замовника. Статтею 26 (частина 7) Закону встановлено критерії оцінки тендерних пропозицій, які включають [2]: вартість, строк виконання пропозицій, умови розрахунків та рейтинг (у балах) учасників тендера в реєстрі учасників процедур закупівель.

Сучасні зразки ВАТ уявляють собою складні та коштовні технічні вироби, їх якості найбільш повно описуються множиною (вектором) техніко-економічних показників (критеріїв). Використання для оцінки тендерних пропозицій стосовно агрегатів та комплектувальних виробів ВАТ тільки економічних критеріїв, передбачених Законом України «Про закупівлю товарів, робіт і послуг за державні кошти», може призвести до формування членами тендерного комітету помилкового рішення. Вимоги забезпечення високої ефективності використання державних коштів при реалізації стратегії експлуатації ВАТ за технічним станом обумовлюють актуальність постановки та розв'язання завдання вибору вектору техніко-економічних критеріїв, що забезпечують адекватну оцінку конкуруючих зразків ВАТ.

Крім того, у цей час винесення тендерним комітетом остаточного рішення (визначення переможця тендера) на основі оцінки зразка ВАТ за вектором критеріїв здійснюється з залученням суб'єктивної інформації. Ця інформація принципово необхідна для обґрунтованого переходу від вектора критеріїв до їх скалярної згортки (схемі компромісів), яка дозволяє виділити єдине рішення завдання оцінки зразка ВАТ. Вибір схеми компромісів здійснюється евристично, на підставі професійного досвіду дослідників. Тому другим актуальним завданням, розв'язання якого дозволить підвищити ефективність використання державних коштів, є розробка методів визначення переможця тендеру, в яких повністю виключається присутність суб'єктивного фактору, що є основою високого ступеню техніко-економічного ризику.

Вибір вектору техніко-економічного критеріїв, достатнього для адекватної оцінки зразка ВАТ, є складною науковою проблемою, успішне розв'язання якої у цей час повністю визначається досвідом і кваліфікацією членів тендерного комітету. Зменшення імовірності похибок евристичного походження при виборі вектору критеріїв може бути досягнуто за рахунок максимальної формалізації цієї процедури.

У загальному випадку процедуру вибору критеріїв може бути формалізовано на основі використання елементів теорії інформації [3]. При такому підході кількість інформації  $I_k$  про зразок ВАТ, яку отримано в результаті застосування  $k$ -ого критерію його якості, визначається виразом

$$I_k = H - H_k^* \quad (1)$$

де  $H$  – апіорна ентропія зразка ВАТ;  $H_k^*$  – апостеріорна (після застосування  $k$ -го критерію) ентропія зразка ВАТ.

Визначимо коефіцієнт значущості  $k$ -ого критерію як вірогідність оцінки зразка ВАТ при застосуванні тільки одного цього критерію

$$p_k = \frac{I_k}{H} = \frac{H - H_k^*}{H} = 1 - \frac{H_k^*}{H}, \quad 0 \leq p_k \leq 1, \quad k = \overline{1, s}, \quad \sum_{k=1}^s p_k = 1, \quad (2)$$

де  $s$  – розмірність вектору критеріїв.

Тоді за обчисленими значеннями коефіцієнтів значущості критеріїв (2) може бути побудовано їх упорядковану монотонну убутну послідовність, що відображає принцип: чим більше коефіцієнт значущості критерію, тим більше кількості інформації (вірогідності) щодо оцінки зразка ВАТ дає застосування цього критерію.

По впорядкованій послідовності коефіцієнтів  $p_k$  може бути визначено залежність вірогідності  $D$  оцінки якості зразка ВАТ від кількості критеріїв. У отриманій послідовності кожен наступний критерій вносить все менший внесок у підвищення вірогідності. Необхідна кількість критеріїв для оцінки тендерної пропозиції обумовлюється заданою величиною вірогідності  $D = D^{зад}$  оцінки зразка ВАТ. Обрані таким чином критерії будуть найбільш інформативними серед усіх техніко-економічних критеріїв оцінки тендерної пропозиції.

Формалізацію процедури визначення переможця тендера може бути засновано на визнанні переможцем того зразка ВАТ, характеристики якого найбільш близькі до аналогічних характеристик зразка, оптимального за обраним вектором техніко-економічних критеріїв.

Для визначення характеристик оптимального зразка ВАТ будемо виходити з того, що при переході від вектора критеріїв до їх скалярної згортки (схемі компромісів) кожному можливому варіантові вибору схеми компромісів, якій відбиває суб'єктивну думку члена тендерного комітету, формально може бути поставлений у відповідність певний принцип оптимальності. У науковій літературі [4...6] досліджено велику кількість принципів оптимальності. Їхніми полярними варіантами, що відповідають межах індивідуальних переваг дослідників, є [4]: принцип рівномірності, що реалізується мінімаксною схемою компромісів, і принцип економічності, що реалізується інтегральною схемою компромісів. Всі інші принципи оптимальності займають проміжне становище і характеризуються різним ступенем наближення до полярних принципів.

Відомо [4], що найкращого розв'язання завдання багатокритеріальної оптимізації, що задовольняє одночасно усім принципам оптимальності, не існує. При використанні одного якого-небудь принципу оптимальності (однієї схеми компромісів) не реалізуються вимоги до об'єкта досліджень, що закладені в інших принципах. Тому рекомендується [5] завдання оптимізації розв'язувати багаторазово, щораз із залученням різних схем компромісів. При цьому завдання вирішується доти, поки результати розв'язання, що отримані за різними схемами компромісів, не співпадуть (будуть розрізнятися несуттєво). Визначений варіант зразка ВАТ одночасно буде відповідати вимогам, які закладені у декількох принципах оптимальності.

Таким чином, зниження ступеню техніко-економічного ризику при вирішенні завдання визначення оптимального зразка ВАТ може бути досягнуто за рахунок

одночасного використання декількох різних схем компромісів. Однак, у відомих практичних реалізаціях такого підходу [5] процедура розв'язання завдання ґрунтується на пошуковій технології, що характеризується великими витратами часових ресурсів і традиційно містить небажані евристичні елементи.

З метою формування пропозицій щодо усунення зазначених недоліків, формалізуємо завдання визначення характеристик оптимального зразка ВАТ наступним чином.

Нехай зазначене завдання має множину можливих рішень  $X \in E^n$ , на якій визначені характеристики  $x = \{x_i\}_{i=1}^n$  зразка ВАТ в  $n$ -мірному евклідовому просторі. Якість розв'язання завдання оцінюється по сукупності часткових суперечливих критеріїв, які утворюють  $s$ -мірний вектор  $y(x) = \{y_k(x)\}_{k=1}^s$ , визначений на множині  $X$ . Вектор критеріїв обмежено областю  $M$ , що припускає цілеспрямовану зміну. Ця область обумовлюється обмеженнями  $A_k$ , які утворюють вектор  $A = \{A_k\}_{k=1}^s$ , що повинен підбиратися із припустимої множини  $A \in Y_A$ .

Потрібно без використання евристичних елементів визначити таке рішення  $x^* \in X$ , тобто такі характеристики зразка ВАТ, які доставляють екстремум (наприклад, мінімум) вектору критеріїв  $y(x)$ .

Як логічну основу для розробки методу розв'язання поставленого завдання використаємо принцип раціональної організації [6]. У рамках цього принципу будемо шукати рішення  $x^*$ , при якому одночасно задовольняються полярні принципи економічності й рівномірності, а також принцип мінімального віддалення від ідеальної (утопічної) точки [7]. Застосування останнього принципу забезпечує мінімізацію віддалення значення кожного із часткових критеріїв від свого ідеального (мінімального в розглянутому випадку) значення. Схему компромісів, що впливає із принципу мінімального віддалення від ідеальної точки, може бути представлено у вигляді [7]

$$Y_L(y) = \left( \sum_{k=1}^s \left[ 1 - \frac{y_k(x)}{y_k''} \right]^L \right)^{\frac{1}{L}}, \quad L \geq 1, \quad (3)$$

де  $y_k''$  – значення  $k$ -го часткового критерію в ідеальній точці;  $L$  – норма, яка характеризує міру наближення окремих часткових критеріїв до своїх ідеальних значень.

Запропонований підхід до визначення  $x^*$  дозволяє виключити із процедури багатокритеріальної оптимізації два із трьох традиційних евристичних елементів. По-перше, використання одночасно трьох принципів оптимальності позбавляє від необхідності суб'єктивного визначення схеми компромісів. По-друге, доповнення відомої [6] реалізації принципу раціональної організації схемою компромісів (3) – звільняє від необхідності суб'єктивного обґрунтування значень вагових коефіцієнтів окремих часткових критеріїв.

Зажадаємо, щоб шукане рішення  $x^*$  задовольнялося при забезпеченні в (3) глобального мінімуму  $Y_L(y)$ . Для цього покладемо

$$\frac{y_k(x)}{y_k''} = 1, \quad \forall k \in [1, s]. \quad (4)$$

Мінімум  $Y_L(y)$  при дотриманні вимоги (4) не залежить від міри наближення окремих часткових критеріїв до своїх ідеальних значень (від норми  $L$ ). Ця обставина дозволяє виключити із процедури розв'язання завдання останній евристичний елемент, що пов'язаний із суб'єктивним вибором значення  $L$ .

Проведемо нормування часткових критеріїв до їхніх значень  $y_k''$  в ідеальній точці. У цій точці досягаються мінімальні значення критеріїв, тому  $y'' = \left\{ \inf_{x \in X} y_k(x) \right\}_{k=1}^s$ . Вираз для області  $M$  строго припустимих рішень у загальному

випадку буде мати вигляд:  $M = \{y(x) | A_k \leq y_k(x) < \infty, k \in [1, s]\}$ , де  $A_k = y_k''$ ,  $y_k'' > 0$ . Причому значення  $A_k$  є невідомими, їх оптимальні (мінімальні) рівні повинні бути знайдені в результаті розв'язання завдання.

При прийнятому способі нормування, вектор відносних часткових критеріїв приймає вигляд:

$$y_o(x) = \left\{ y_{ok}(x) \right\}_{k=1}^s = \left\{ \frac{y_k(x)}{A_k} \right\}_{k=1}^s = \left\{ \frac{y_k(x)}{y_k''} \right\}_{k=1}^s. \quad (5)$$

Для визначення рішення  $x^*$ , при якому одночасно задовольняються полярні принципи оптимальності і принцип мінімального віддалення від ідеальної точки, потрібно розв'язати систему рівнянь

$$\begin{cases} y_{oj}(x) - y_{oj+1}(x) = 0, & j \in [1, s-1], \\ \frac{\partial}{\partial x_i} \sum_{k=1}^s y_{ok}(x) = 0, & i \in [1, n], \\ y_o(x) - I = 0, \end{cases} \quad (6)$$

де  $I$  – одиничний вектор-стовпець розмірності  $k$ .

Можна довести, що, якщо строго монотонні і диференцюємі функції  $y_o(x) = \left\{ y_{ok}(x) \right\}_{k=1}^s$  дійсного аргументу  $x = \{x_i\}_{i=1}^n$ ,  $x \in X$  утворюють систему рівнянь

вигляду (6), рішення якої існує, то це рішення є єдиним і досягається в точці  $x = x^*$  евклідова  $n$  – мірного простору, де

$$\left\{ y_k \left( x^* \right) \right\}_{k=1}^s = \left\{ A_k^* \right\}_{k=1}^s, \quad \left\{ A_k^* \right\}_{k=1}^s \in \emptyset.$$

Отриманий результат у конструктивному аспекті означає, що, якщо рішення системи рівнянь (6) існує, то при  $x = x^*$  область рішень стягується в єдину ідеальну точку в  $n$  – мірному просторі, у якій усі складові вектора критеріїв досягають своїх екстремальних (мінімальних у розглянутій постановці) значень. У цьому випадку зникають протиріччя (досягається консенсус [6]) між частковими критеріями і векторне завдання визначення характеристик оптимального зразка ВАТ об'єктивно (без залучення яких-небудь евристичних елементів) зводиться до скалярного.

Переможцем тендеру визначається зразок ВАТ, для якого виконується

$$\{x_i\}_{i=1}^n = \arg \min_{x^* \in X} V(x^*, x),$$

де  $V(x^*, x)$  – міра близькості характеристик  $x$  зразка ВАТ до характеристик  $x^*$  зразка ВАТ, оптимального за обраними критеріями.

Для визначення міри близькості  $V(x^*, x)$  може бути використано відомі метрики, наприклад евклідову

$$V(x^*, x) = [(x_1^* - x_1)^2 + (x_2^* - x_2)^2 + \dots + (x_i^* - x_i)^2 + \dots + (x_n^* - x_n)^2]^{1/2}.$$

Запропонований підхід дозволяє мінімізувати ступень техніко-економічного ризику при виборі вектора критеріїв оцінки тендерних пропозицій і визначення зразка ВАТ – переможця тендеру. Застосування елементів теорії інформації гарантує максимальну інформативність обраних критеріїв, а встановлення рівня вірогідності оцінки зразка ВАТ дозволяє обґрунтовано обмежити їх кількість (розмірність вектору критеріїв). При визнанні переможця тендеру імовірність помилкових рішень мінімізується за рахунок визначення характеристик оптимального зразка ВАТ одночасно за трьома схемами компромісів (принципами оптимальності).

Викладені у статті пропозиції можуть бути реалізовані шляхом зміни вимог щодо прийняття рішення за результатами тендерної процедури, яку передбачено Законом України «Про закупівлю товарів, робіт і послуг за державні кошти», що дозволить зменшити ступень техніко-економічного ризику при витраті державних коштів на підтримання справності та боездатності ВАТ.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. "Порядок переведення та експлуатації за технічним станом військової авіаційної техніки, за якою не здійснюється авторський нагляд", затверджений наказом МО України №61 від 20.02.2007 р.
2. Закон України «Про закупівлю товарів, робіт і послуг за державні кошти».
3. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. Пер. с англ. /Под ред. Р.Л. Добрушина. – М.: Изд-во иностр. лит., 1963. – 829с.
4. Сложные технические и эргатические системы: методы исследования / Воронин А.Н., Зиатдинов Ю.К., Харченко А.В., Осташевский В.В. – Харьков: Факт, 1997. – 240с.
5. Гуткин Л.С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества. – М.: Сов. радио, 1975. – 368с.
6. Воронин А.Н. Компромисс и консенсус в теории векторной оптимизации // Проблемы управления и автоматики. – 2001. – №5. – С.14–26.
7. Салуквадзе М.Е. Задачи векторной оптимизации в теории управления. – Тбилиси: «Мецниереба», 1975. – 201с.

*Надійшла до редакції 29.10.2009*