

Розвиток, бойове застосування та озброєння авіації

УДК 629.7. 017

А.М. Алімпієв

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ФОРМАЛІЗОВАНИХ КРИТЕРІЇВ СТУПЕНЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОСТІ ПЕРСПЕКТИВНИХ ТАКТИЧНИХ ВИНИЩУВАЧІВ

Здійснено обґрунтування вибору критеріїв раціональності ступеню багатофункціональності тактичних винищувачів. В основу покладено використання критеріїв раціональності кількісно-якісного складу авіаційних угруповань. Визначені методичні підходи до формалізації цих критеріїв.

Ключові слова: авіаційне угруповання, багатофункціональний тактичний винищувач, задача синтезу, ступінь багатофункціональності, перспективний зразок, тактико-технічний обрис.

Вступ

Постановка проблеми. Аналіз літератури. Потреба в оновленні парків бойової авіаційної техніки військової авіації Збройних Сил України та існування різноманітних шляхів її вирішення, обумовлює актуальність та практичну важливість проведення наукових досліджень з визначення раціональних варіантів вибору типу нового озброєння та військової техніки (ОВТ). Досвід вирішення проблем оновлення парків бойової авіаційної техніки провідних країн світу дозволяє визначити стійку тенденцію на перехід до, як правило одно, рідше, двохтипових праків багатофункціональних тактичних винищувачів [1-3], здатних за своїм призначенням виконувати низку різних бойових завдань, а саме: перехоплення різноманітних повітряних цілей, ведення повітряних боїв на далеких, середніх та близьких дистанціях, нанесення авіаційних ударів по наземних та морських цілях в тактичній, оперативно-тактичній та оперативній глибині, ведення повітряної розвідки, ведення радіоелектронної боротьби тощо. При цьому, різні типи багатофункціональних винищувачів в різному ступені пристосовані до виконання кожної з функцій, що обумовлює різницю в потрібній кількості бойових літаків для різних їх типів.

Типаж бойових літаків, разом із ґрунтовним визначенням їх потрібної кількості, визначатиме кількісно-якісний склад перспективного парку літаків тактичної авіації, на отримання, утримання та застосування за призначенням якого потребується витрачання певного обсягу ресурсів. Даний обсяг ресурсів, в свою чергу, залежить від типу та потрібної кількості бойових літаків для досягнення бажаного результату від застосування тактичної авіації, що обумовлює суттєву розбіжність можливих

альтернативних варіантів та потребує раціоналізації кількісно-якісного складу парків нової бойової авіаційної техніки.

Аналіз відомих методичних підходів до вирішення задачі синтезу тактико-технічного обрис перспективних багатофункціональних зразків ОВТ [1], зокрема, тактичних винищувачів, свідчить, що при обґрунтуванні доцільності створення перспективних зразків раціоналізація ступеню багатофункціональності досягалася шляхом компромісного сполучення різних властивостей за умови можливості їх технічної реалізації. При цьому, урахування прояву досягнутого компромісу різних властивостей багатофункціонального зразка на результати функціонування певної кількості синтезованих багатофункціональних винищувачів в складі організаційно-штатних формувань в прямому вигляді в ході синтезу обрис зразка не здійснюється. Тобто, система критеріїв раціональності ступеню багатофункціональності тактичного винищувача обмежується лише тільки розглядом перспективного зразка, як поодинокого технічного об'єкту, та не враховує вплив його властивостей на результат функціонування системи більш високого рівня – авіаційного угруповання.

Схема досліджень будеється наступним чином: спочатку здійснюється синтез обрис багатофункціонального винищувача, як компромісна сукупність визначаючих показників його властивостей, а потім, для синтезованого обрис, визначається потрібна кількість літаків в бойовому складі авіаційного угруповання, яка дозволяє виконувати покладені на це угруповання бойові завдання. В результаті досягнутий ступінь раціоналізації властивостей винищувача може не відповідати раціональному кількісно-якісному складу парку нової бойової авіаційної техніки авіаційного угруповання.

Від названих недоліків декілька вільні методичні підходи, що засновані на постановці та розв'язуванні зворотних задач синтезу кількісно-якісного складу авіаційного угруповання на основі використання критеріїв типу «ефективність вартість», формалізованих за допомогою потенційно-пайового методу оцінювання бойових можливостей військ[4]. Ці методичні підходи дозволяють визначити раціональний типаж та кількість бойових літаків з урахуванням вимог до функціонування авіаційного угруповання. Але методики синтезу обрису перспективних багатофункціональних літаків, побудовані на таких підходах на цей час не розроблені. Не розробленими на цей час також є формалізовані критерії ступеню багатофункціональності перспективних тактичних винищувачів, на використанні яких повинні базуватися методики синтезу тактико-технічних перспективних багатофункціональних бойових літаків.

Метою статті є обґрунтування вибору критеріїв раціональності ступеню багатофункціональності тактичних винищувачів та методичних підходів до їх формалізації.

Основний матеріал

Для задач синтезу складних технічних систем, до яких відноситься й перспективний багатофункціональний винищувач, як зразок ОВТ, найпоширеніше використання знайшли критерії типу «ефективність-вартість» [2]. Як відомо, ці критерії використовуються в двох із відомих форм, що описують пряму та зворотну задачі кваліметрії [4]. В прямій задачі відшуковується варіант технічного обрису багатофункціонального бойового літака, що забезпечує досягнення максимального ефекту від його застосування по кожній з покладених функцій за призначенням при обмежених витратах ресурсів. В зворотній задачі – відшуковується варіант, при якому по кожній з покладених функцій досягається заданий рівень ефекту при мінімальному необхідному рівні витрат ресурсів.

Формалізація складових такого роду критеріїв може здійснюватися в різний спосіб. Так, наприклад, складова ефекту (результату від застосування) може бути формалізованою на основі використання відомих аналітичних алгоритмів теорії дослідження операцій, зокрема теорії бойової ефективності авіаційних комплексів, або алгоритмами різноманітних імітаційних моделюючих комплексів. Такого роду підходи до формалізації складової ефекту достатньо добре працюють у випадку, коли заздалегідь сформовані альтернативні варіанти тактико-технічного обрису багатофункціонального літака з певним рівнем його конкретизації та для врахування впливу на властивості авіаційного угруповання – з заздалегідь сформованими альтернативними варіантами кількі-

сно-якісного складу парку перспективних літаків. Визначення раціонального варіанту тактико-технічного обрису та раціонального кількісно-якісного складу парку нових літаків при застосуванні цих підходів потребує проведення додаткових багатопараметричних досліджень.

Підходи до формалізації рівня ефекту (результату, що досягається), що засновані на використанні потенційно-пайового методу (методу бойових потенціалів), дозволяють записати математичну задачу оптимізації кількісно-якісного складу перспективного парку багатофункціональних винищувачів з одночасним визначенням раціонального тактико-технічного обрису зразка у безпосередній постановці, як для прямої так і для зворотної задач кваліметрії.

Складова критеріїв, що описують витрати ресурсів також може бути здійсненою в декілька способів, але для розв'язування задач синтезу, ці підходи повинні враховувати вплив конкретного варіанту обрису бойового літака на загальний обсяг ресурсів, що потрібен на вирішення проблем оснащення військ новою ОВТ, її експлуатацію та підтримку рівня боєготовності, витрати на підготовку екіпажів та на виконання типових бойових задач.

Як показано в [4], для задач синтезу тактико-технічного обрису перспективних зразків ОВТ найпривабливішими є методи функціонально-вартісного аналізу. Одним з варіантів таких методів є той, що заснований на побудові та використанні математичної моделі вартості серійного зразка, яка встановлює зв'язок між вартістю серійного екземпляру зі значеннями або узагальненими показниками якості зразка, або зі значеннями визначаючих бойові властивості зразка тактико-технічними характеристиками.

Якщо для формалізації складових критерію оптимальності обрати – для складової ефекту – потенційно-пайовий метод, а для складової ресурсів – модель вартості серійного зразка [4], то формалізований запис прямої задачі кваліметрії для однотипного парку багатофункціональних винищувачів буде мати загальний вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} k_i(h_{1i}, h_{2i} \dots h_{mi} \dots h_{Mi}) \sum_{r=1}^R \delta_{ir}(\Delta X_r) \rightarrow \max, \forall i = 1, I; \\ S = [C_1(h_{11}, \dots, h_{M1}) + C_{1erc}]X + \\ \left[\sum_i C_{i\text{обз}} \sum_{r=1}^R \delta_{ir}(\Delta X_r) \right] \leq S_{\text{зад}}; \\ k_i(h_{1i}, h_{2i} \dots h_{mi} \dots h_{Mi}) \leq k_{i\text{max}}; \\ h_{\text{min}} \leq h_{mi} \leq h_{\text{max}}, \forall i = 1, I; \forall m = 1, M; \\ X = \sum_{ir} (\Delta X_r) \leq X_{\text{max}}; \\ \Delta X_r \in Z_+, \forall r = 1, R; \\ k_i(h_{1i}, h_{2i} \dots h_{mi} \dots h_{Mi}) \geq 0, \end{array} \right. \quad (1)$$

де $k_i(h_{1i}, h_{2i}, \dots, h_{mi})$ - невідоме в задачі синтезу обрису значення коефіцієнту бойового потенціалу літака у виконанні i -ої функції (бойового завдання) з I функцій за призначенням літака, як функція заданого виду від визначаючих ТТХ; $h_{1i}, h_{2i}, \dots, h_{mi}$ - перелік ТТХ багатофункціонального винищувача, що визначають його властивості у виконанні i -ої функції (бойового завдання), раціональні значення яких потрібно знайти в результаті синтезу тактико-технічного обрису;

(ΔX_r) - r -та частка загальної кількості багатофункціональних винищувачів X з R часток, що при застосуванні авіаційного угруповання може виділятися на виконання i -ої функції та значення якої підлягає визначенню в задачі оптимізації; δ_{ir} - символ, який визначає можливість залучення r -ої частки літаків до виконання i -го завдання (функції) $\delta_{ir}=1$ з урахуванням можливого способу бойових дій (порядку застосування сил), або неможливість такого залучення $\delta_{ir}=0$, значення якого задаються в якості початкових даних; $C_1(h_{11}, \dots, h_{M1})$ - модель вартості серійного зразка перспективного багатофункціонального тактичного винищувача, як функція заданого виду від невідомої сукупності визначаючих ТТХ літака [4]; $C_{1екс}$ - витрати на експлуатацію одного зразка на всьому періоді призначеного терміну служби; $C_{1ібз}$ - вартість виконання типового бойового завдання (функції) i -го типу одним багатофункціональним винищувачем; $S_{зад}$ - заданий рівень ресурсів, що виділяється на оснащення, експлуатацію та застосування угруповання тактичної авіації; k_{imax} , h_{mimin}, h_{mimax} - обмеження, що накладаються на значення змінних за можливостями реалізації за будь-якими чинниками (науково-технічними, технологічними, виробничими тощо); X_{max} - обмеження, що накладаються на загальну кількість літаків в складі парку авіаційної техніки тактичної авіації (авіаційного угруповання).

Фізичний зміст задачі оптимізації (1) полягає у відшукуванні множини таких значень визначаючих характеристик перспективного багатофункціонального тактичного винищувача $\{h_{11}, h_{21}, \dots, h_{M1}, h_{12}, h_{22}, \dots, h_{M2}, \dots, h_{mi}, \dots, h_{Mi}\}$ та потрібної кількості літаків в парку, при яких, в рамках накладених обмежень, по кожному бойовому завданню досягається максимум бойового потенціалу авіаційного угруповання та при умові, що необхідний обсяг загальних ресурсів не перевищує заданого рівня. Водночас, відшукуються значення коефіцієнтів бойового потенціалу перспективного літака по кожній з його функцій за призначенням, як узагальнені показники якості, та визначаються раціональні (в межах даного критерію) їх співвідношення - тобто раціональний ступінь

багатофункціональності тактичного винищувача. Наявність в задачі (1) I цільових функцій обумовлює її багатокритеріальність та складність коректного розв'язування.

Для випадку постановки задачі оптимізації у формі зворотної задачі кваліметрії та при використанні вищезазначених підходів до формалізації складових обраного критерію, математична задача визначення раціонального ступеню багатофункціональності тактичного винищувача буде мати наступний вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} k_i(h_{1i}, h_{2i}, \dots, h_{mi}, \dots, h_{Mi}) \sum_{r=1}^R \delta_{ir}(\Delta X_r) \geq P_{изад}, \forall i = 1, I; \\ S = [C_1(h_{11}, \dots, h_{M1}) + C_{1екс}]X + \\ + \left[\sum_i C_{1ібз} \sum_{r=1}^R \delta_{ir}(\Delta X_r) \right] \rightarrow \min; \\ k_i(h_{1i}, h_{2i}, \dots, h_{mi}, \dots, h_{Mi}) \leq k_{imax}; \\ h_{mimin} \leq h_{mi} \leq h_{mimax}, \forall i = 1, I; \forall m = 1, M; \\ X = \sum_{ir} (\Delta X_r) \leq X_{max}; \\ \Delta X_r \in Z_+ \forall r = 1, R, \\ k_i(h_{1i}, h_{2i}, \dots, h_{mi}, \dots, h_{Mi}) \geq 0. \end{array} \right. \quad (2)$$

де $P_{изад}$ - необхідний для виконання авіаційним угрупованням (організаційно-штатним формуванням) покладеного бойового завдання (функції) i -го типу, бойовий потенціал, як задана на основі прогнозу умов бойового застосування величина.

Фізичний зміст задачі оптимізації (2) полягає у відшукуванні множини таких значень визначаючих характеристик перспективного багатофункціонального тактичного винищувача $\{h_{11}, h_{21}, \dots, h_{M1}, h_{12}, h_{22}, \dots, h_{M2}, \dots, h_{mi}, \dots, h_{Mi}\}$ та потрібної кількості літаків в парку, при яких, в рамках накладених обмежень, по кожному бойовому завданню забезпечується бойовий потенціал авіаційного угруповання не менш ніж заданий та при умові, що необхідний обсяг загальних ресурсів є мінімальним.

Як й у попередньому випадку, водночас, відшукуються значення коефіцієнтів бойового потенціалу перспективного літака по кожній з його функцій за призначенням та визначається раціональний ступінь багатофункціональності тактичного винищувача.

Математичні задачі оптимізації (1) та (2) є нелінійними цілочисельними (по невідомим X) задачами, але (2), на відміну від (1), являє собою однокритеріальну задачу, що відносно спрощує пошук оптимального рішення. Крім того, постановка задачі оптимізації для синтезу раціональних значень ТТХ перспективного винищувача та визначення раціонального ступеню його багатофункціональності у формі (1), не гарантує, що її рішення, знайдене з максимізацією рівня ефекту по кожній з визначених

функцій, дозволить забезпечити потрібний рівень виконання задач авіаційним угрупованням.

Ступінь не лінійності задач (1) та (2) буде суттєво залежати від вигляду кваліметричних моделей багатофункціонального тактичного винищувача та моделей вартості серійного зразка. Від цього, у свою чергу, буде залежати обрання того або іншого математичного методу пошуку рішення екстремальної задачі. Так, у випадку використання лінійних моделей, задачі (2) може бути зведеною до розв'язування низки задач лінійного програмування [4]. В протилежному випадку потрібно відшукувати інші математичні методи рішення задач пошуку екстремуму цільової функції.

У випадку, якщо потрібно визначити лише тільки ступінь багатофункціональності тактичного винищувача, а задачу синтезу його ТТХ можна не вирішувати, відповідна математична задача буде мати декілька спрощених вигляд.

$$\left\{ \begin{array}{l} y_i \left(\sum_{r=1}^R \delta_{ir} (\Delta X_r) \right) \geq P_{\text{зад}}, \forall i = 1, I; \\ S = [C_1(y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_I) + C_{\text{лекс}} X] + \\ + \left[\sum_i C_{\text{лібз}} \sum_{r=1}^R \delta_{ir} (\Delta X_r) \right] \rightarrow \min; \\ 0 \leq y_i \leq k_{i\text{max}}, \forall i = 1, I; \\ X = \sum_{ir} (\Delta X_r) \leq X_{\text{max}}; \\ \Delta X_r \in Z_+ \forall r = 1, R; \end{array} \right. \quad (3)$$

де y_i – невідоме значення коефіцієнту бойового потенціалу тактичного винищувача, що характеризує його пристосованість до виконання i -го завдання (функції); $C_1(y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_I)$ – модель вартості серійного зразка, як функція від узагальнених показників його властивостей – коефіцієнтів бойового потенціалу.

На відміну від попередніх, задача (3) має суттєво меншу розмірність, хоча й залишається нелінійною. Ступінь нелінійності задачі (3) буде визначатися ступенем нелінійності моделі вартості серійного зразка тактичного винищувача.

Таким чином, важливим наступним кроком для забезпечення можливості постановки та розв'язування задачі обґрунтування раціонального ступеню багатофункціональності перспективного тактичного винищувача є побудова його кваліметричних моделей та моделей вартості достатньої складності.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ФОРМАЛИЗОВАННЫХ КРИТЕРИЕВ СТЕПЕНИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТАКТИЧЕСКИХ ИСТРЕБИТЕЛЕЙ

А.Н. Алимпиев

Проведено обоснование выбора критериев рациональности степени многофункциональности тактических истребителей. В основу положено использование критериев рациональности количественно-качественного состава авиационных группировок. Определены методические подходы к формализации этих критериев.

Ключевые слова: авиационная группировка, многофункциональный тактический истребитель, задача синтеза, степень многофункциональности, перспективный образец, тактико-технический облик.

Після цього будуть створені передумови щодо обрання того або іншого математичного методу пошуку екстремуму цільової функції.

Висновки

На підставі аналізу відомих підходів до побудови критеріїв оптимальності та особливостей прояву властивостей перспективних бойових авіаційних комплексів в процесі їх функціонування в складі авіаційних угруповань обґрунтовано вибір критерію раціонального ступеню багатофункціональності перспективного тактичного винищувача. Запропоновано методичний підхід до формалізації даного критерію, що базується на використанні потенційно-пайового методу оцінки бойових можливостей військ в операціях (бойових діях), кваліметричних моделей властивостей тактичного винищувача для різних функцій його призначення та методах функціонально-вартісного аналізу.

Для забезпечення можливості практичного використання обраного критерію в задачах синтезу перспективного багатофункціонального тактичного винищувача потрібно здійснити розробку працездатних кваліметричних моделей, що встановлюють зв'язок між визначаючими ТТХ перспективного зразка з коефіцієнтом бойового потенціалу в кожній з функцій за його призначенням.

Список літератури

1. Харченко О. В. До питання обґрунтування раціонального типажу парку літальних апаратів військового призначення / О.В. Харченко, О.С. Мавренков // Збірник наукових праць ДНДА. – К. : ДНДА, 2008. – № 4 (11). – С. 6-10.
2. Федосов Е.А. Военная авиация в начале XXI века / Е.А. Федосов // Мир авионики. – 1999. – № 6. – С. 6-8.
3. Антошин В. Багатоцільові тактичні винищувачі [Електронний ресурс] / Валерій Антошин, Олександр Оніщук // Авіапанорама. – 2009. – № 3. – Режим доступу : <http://www.avia.ru/press/14865>.
4. Семон Б.І. Сучасний метод бойових потенціалів в прикладних задачах планування розвитку та застосування тактичної авіації / Б.І. Семон, О.Б. Леонт'єв, О.Б. Котов, А.А. Адаменко, Р.В. Храцевський. – К.: Національна академія оборони України, 2009. – 336 с.

Надійшла до редколегії 10.02.2014

Рецензент: д-р техн. наук проф. О.Б. Леонт'єв, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

**GROUND OF CRITERIA PERSPECTIVE TACTICAL DESTROYERS MULTIFUNCTIONNESS
DEGREE CHOICE FORMALIZATION**

A.M. Alimpiev

The ground of choice of criteria of rationality of degree of multifunctionness of tactical destroyers is conducted. The use of criteria of rationality of in-high-quality composition of aviation groupments is fixed in basis. The methodical going is certain near formalization of these criteria.

Keywords: *aviation groupment, multifunction tactical destroyer, task of synthesis, degree of multifunctionness, perspective standard, tactics technical look.*