

Військово-технічні проблеми

УДК 629.735.45

А.М. Алімпієв, В.П. Єрошенко, І.Б. Ковтонюк

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

АНАЛІЗ ТА УТОЧНЕННЯ ФАКТОРНОГО ПРОСТОРУ ДЛЯ ПОБУДОВИ КВАЛІМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ НАВЧАЛЬНО-БОЙОВОГО ЛІТАКА

Проведено аналіз факторного простору для побудови кваліметричної моделі навчально-бойового літака щодо виключення взаємозалежних параметрів. За підсумками аналізу виконано коригування факторного простору та наведено уточнений перелік параметрів, які входять до нього.

Ключові слова: властивості, навчально-бойовий літак, навчальна льотна підготовка, тактико-технічні характеристики, кваліметрична модель, факторний простір.

Вступ

Парк літаків Л-39, на яких в даний час проводиться навчальна льотна підготовка курсантів наближається до вичерпання призначених термінів експлуатації. З урахуванням можливості подовження призначених термінів експлуатації літака до 2025 року, для забезпечення безперервності підготовки військових льотчиків наприкінці зазначеного терміну на озброєння повинні бути поставлені нові серійні навчально-бойові літаки (НБЛ). При цьому постає актуальне та важливе завдання, яке пов'язане із визначенням конкретного НБЛ, на якому у перспективі буде здійснюватися підготовка курсантів. Вирішення цього завдання потребує наявності відповідного науково-методичного апарату оцінювання ступеню придатності конкретного НБЛ до вирішення завдань навчальної льотної підготовки, а також обґрунтованого вибору літака з наявних можливих альтернатив.

У зв'язку з цим, є актуальною розробка комплексного методичного апарату оцінювання ступеню пристосованості НБЛ для навчання курсантів ВВНЗ льотного профілю [1]. Розробка методичних підходів до оцінки ступеню придатності НБЛ до вирішення завдань навчальної льотної підготовки потребує обґрунтування факторного простору для створення відповідних кваліметричних моделей властивостей НБЛ, які би дозволяли визначити раціональне співвідношення між показниками призначення об'єкту оцінювання та його основними економічними показниками [1–2].

На першому етапі формування області факторного простору здійснюється шляхом аналізу апробованих практикою програм курсу наземної і льотної підготовки на навчально-тренувальному літаку (КНЛП) [3], а також курсу бойової підготовки на навчально-тренувальному літаку (КБП НТЛ) [4]. Під

час аналізу з'ясується сукупність груп вправ, на які розподіляється кожна програма КНЛП та КБП НТЛ, визначається множина льотно-технічних та тактико-технічних характеристик НБЛ, що визначають ступінь його придатності для виконання кожної групи вправ, і за підсумками проведеного аналізу встановлюються характеристики НБЛ, які доцільно включити до факторного простору кваліметричної моделі НБЛ, що формується [1–2].

Однак, сформований таким чином факторний простір потребує коригування. Параметри, які входять до факторного простору, не повинні бути взаємозалежними. Тому на другому етапі необхідний додатковий аналіз та уточнення сформованого факторного простору, у чому і полягає мета даної статті.

Основний матеріал

У роботі [1] було розглянуто проблемні питання щодо удосконалення методичних підходів до оцінювання ступеня придатності НБЛ до вирішення завдань навчальної льотної підготовки курсантів ВВНЗ. Для включення до факторного простору запропоновано 14 параметрів [1], серед яких є швидкість звалювання $V_{зв}$ та мінімально допустима швидкість горизонтального польоту $V_{\min \text{ доп}}$.

Аналіз показує, що швидкість звалювання $V_{зв}$ та мінімально допустима швидкість горизонтального польоту $V_{\min \text{ доп}}$ певним чином взаємопов'язані між собою:

$$V_{\min \text{ доп}} = \sqrt{\frac{2(mg - P \sin \alpha_p)}{C_{y_{\text{алоп}}} \rho_H S}} = \sqrt{\frac{2mg(1 - \mu \sin \alpha_p)}{C_{y_{\text{алоп}}} \rho_H S}} = \sqrt{\frac{2\sigma(1 - \mu \sin \alpha_p)}{C_{y_{\text{алоп}}} \rho_H}}; \quad (1)$$

$$V_{зв} = \sqrt{\frac{2(mg - P \sin \alpha_p)}{C_{y_{зв}} \rho_H S}} = \sqrt{\frac{2\sigma(1 - \mu \sin \alpha_p)}{C_{y_{зв}} \rho_H}}, \quad (2)$$

де m – маса літака;

σ – питоме навантаження на крило;

ρ_H – густина повітря на висоті польоту, яка розглядається;

S – площа крила літака;

$C_{y_{зв}}$ – коефіцієнт піднімальної сили звалювання;

μ – тягова озброєність літака;

g – прискорення вільного падіння;

P – тяга двигунів літака;

α_p – кут атаки осі двигуна;

$C_{y_{а доп}}$ – допустимий коефіцієнт піднімальної сили;

$\alpha_{зв} = \alpha_{кр}$ – кут атаки звалювання, який дорівнює критичному куту атаки.

Це обумовлено тим, що між собою пов'язані допустимий кут атаки $\alpha_{доп}$ і кут атаки звалювання $\alpha_{зв}$. Величина $\alpha_{доп}$ призначається, як правило, на 3–5° меншою, ніж $\alpha_{зв}$. Також взаємний зв'язок існує між коефіцієнтом піднімальної сили звалювання $C_{y_{зв}}$, який дорівнює максимальному коефіцієнту піднімальної сили $C_{y_{а max}}$, та допустимим коефіцієнтом піднімальної сили $C_{y_{а доп}}$. Коефіцієнт $C_{y_{а доп}}$ призначається на 10...20% менше, ніж $C_{y_{зв}}$. Таким чином, обидва параметри $V_{зв}$ і $V_{мін доп}$ фактично залежать один від одного та не можуть одночасно входити до факторного простору кваліметричної моделі НБЛ. В якості характеристики до факторного простору доцільно замість $V_{зв}$, яке рекомендовано в [1], включити $V_{мін доп}$. Ця швидкість є такою, що дозволяється в льотній експлуатації літака, і її величину льотчик може проконтролювати по приладу.

До переліку параметрів факторного простору необхідно додати також параметри, які характеризують здібність літального апарату (ЛА) скривлювати траєкторію, що необхідно для виправлення помилок у техніці пілотування, які досить часто можуть мати місце під час початкового льотного навчання. В якості такого параметру може бути використано максимальне наявне нормальне перевантаження, яке є найменшим з максимального експлуатаційного перевантаження, наявного нормального перевантаження по ефективності стабілізатора та максимального допустимого перевантаження по куту атаки.

З точки зору забезпечення безпеки польотів до факторного простору необхідно включити посадочний кут атаки $\alpha_{пос}$, який характеризує обзір льотчика з кабіни на одному з найбільш складних етапів польоту – посадці.

Серед параметрів факторного простору, які наведено в [1], також є граничне по тязі нормальне швидкісне перевантаження $n_{y_{а p}}$, максимальне поздовжнє перевантаження при розгоні літака n_x , поздовжнє перевантаження під час розбігу $n_{x_{роб}}$ та пробігу $n_{x_{проб}}$.

Граничне по тязі нормальне швидкісне перевантаження $n_{y_{а p}}$ може бути визначено за наступним виразом:

$$n_{y_{а p}} = \sqrt{\frac{P - X_{a_0}}{X_{a_{гп}}}}, \quad (3)$$

де X_{a_0} – сила лобового опору при нульовій піднімальній силі;

$X_{a_{гп}}$ – індуктивний опір при одиничному перевантаженні.

Максимальне тангенційне перевантаження ЛА визначається наступним чином:

$$n_{x_{amax}} = \frac{P_{max} \cos \alpha_p - X_a}{mg}. \quad (4)$$

Для визначення тангенційного перевантаження під час розбігу та пробігу літака використовуються відповідно наступні вирази:

$$n_{x_{ароб}} = \frac{P \cos \alpha_p - X_a - f(mg - Y_a - P \sin \alpha_p)}{mg}; \quad (5)$$

$$n_{x_{апроб}} = \frac{-X_a - X_{aп} - f(mg - Y_a)}{mg}, \quad (6)$$

де Y_a – піднімальна сила літака;

f – коефіцієнт тертя опор літака.

$X_{aп}$ – сила лобового опору гальмівного парашута.

Аналіз виразів (4–7) показує, що визначальним фактором для вищезазначених характеристик є надлишок тяги ΔP , тобто різниця між сумарною тягою двигунів P і силою лобового опору літака X_a :

$$\Delta P = P \cos \alpha_p - X_a. \quad (7)$$

Під час пробігу літака двигуни працюють на режимі малого газу, тяга двигунів незначна і нею можна знехтувати. Тому у виразі (6) тяга двигунів відсутня, а надлишок тяги від'ємний, що визначається алгебраїчною сумою сил лобового опору літака X_a і гальмівного парашута $X_{aп}$.

Сила тертя, яка входить до виразів (5) і (6) у вигляді добутку коефіцієнта тертя і сили нормальної реакції опор $N = mg - Y_a - P \sin \alpha_p$ та $N = mg - Y_a$, в більшій мірі характеризує поверхню злітно-посадочної смуги, ніж є характеристикою ЛА.

З цього витікає, що найбільш визначальним параметром серед розглянутих, який характеризує максимальний надлишок тяги, є максимальне тангенційне перевантаження, або максимальне поздовжнє перевантаження, яке необхідно включити до факторного простору, що розглядається.

ВИСНОВОК

Таким чином, на основі проведеного аналізу було встановлено взаємозалежні параметри та скорегований факторний простір для побудови кваліметричної моделі НБЛ. За підсумками реалізації запропонованого методичного підходу до факторного простору для побудови кваліметричної моделі НБЛ включено наступні параметри: тягова озброєність, мінімально допустима швидкість горизонтального польоту, допустимий кут атаки, максимальна наявна швидкість крену, прийомистість двигунів, швидкість відриву, злітний кут атаки, максимальна аеродинамічна якість літака, максимальне наявне нормальне перевантаження, посадочна швидкість, максимальне наявне поздовжнє перевантаження, посадочний кут атаки.

АНАЛИЗ И УТОЧНЕНИЕ ФАКТОРНОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КВАЛИМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УЧЕБНО-БОЕВОГО САМОЛЕТА

А.Н. Алимпиев, В.П. Ерошенко, И.Б. Ковтонюк

Проведен анализ факторного пространства для построения кваліметрической модели учебно-боевого самолета относительно исключения взаимосвязанных параметров. По итогам анализа выполнена корректировка факторного пространства, и приведен уточненный перечень входящих в него параметров.

Ключевые слова: *свойства, учебно-боевой самолет, учебная летная подготовка, тактико-технические характеристики, кваліметрическая модель, факторное пространство.*

FACTOR SPACE ANALYSIS AND IMPROVEMENT FOR QUALIMETRIC MODELING OF THE TRAINING-COMBAT AIRCRAFT

A. Alimpiev, V. Yeroshenko, I. Kovtonyuk

Factor space analysis for qualimetric modeling of the training-combat aircraft concerning the exception of interacted parameters was carried out. According to the analysis factor space has been corrected and improved list of the included parameters is given.

Keywords: *properties, training-combat aircraft, flight training, performance characteristics, qualimetric model, factor space.*

Список літератури

1. Обґрунтування вибору факторного простору для побудови кваліметричної моделі навчально-бойового літака на основі аналізу курсу навчальної льотної підготовки курсантів / А.М. Алімпієв, В.П. Єрошенко, І.Б. Ковтонюк, О.Б. Леонтьєв // *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. – 2016. – № 3(24). – С. 54-59.

2. Анипко О.Б. Особенности этапа концептуального проектирования маневренных самолетов / О.Б. Анипко, И.Б. Ковтонюк // *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил*. – 2012. – № 3. – С. 50-53.

3. Курс наземної і льотної підготовки курсантів на літаку Л-39. – Х.: ХУПС, 2004. – 184 с.

4. Курс бойової підготовки на навчально-тренувальному літаку Л-39. – Х.: ХУПС, 2014. – 243 с.

Надійшла до редколегії 25.05.2017

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