

УДК 629.7.017.1

*АРТЮШИН Л.М., провідний науковий співробітник, доктор технічних наук, професор*

*МІЦІГІС А. К., старший науковий співробітник*

*ХАТУНЦЕВА З.В., науковий співробітник*

## **МЕТОДИКА ОЦІНКИ ВПЛИВУ ХАРАКТЕРИСТИК ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ**

*Розглядаються способи виділення домінуючих характеристик (факторів) літального апарата при його застосуванні*

*Ключові слова: аналітико-статистичне моделювання, показник ефективності, планування експерименту, вклад фактору, метод випадкового балансу*

Літальний апарат є складною технічною системою, яка вміщає сотні агрегатів, систем, елементів. І оцінка таких систем повинна базуватися на основі врахування множини різних параметрів, технічних характеристик, показників, що характеризують процеси застосування літального апарата.

На практиці задача отримання об'єктивної оцінки технічного рівня (досконалості) літального апарата на їх основі виникає доволі часто, наприклад, на етапах розробки і створення нових зразків, обґрунтуванні рішення на її закупку або продаж. Тому першочерговою задачею рішення відзначеної проблеми є обґрунтування мінімально необхідного переліку значущих тактико-технічних характеристик (ТТХ, характеристики), що чинять найбільший вплив на ефективність застосування літального апарата.

Ця задача може бути вирішена як на основі експертних методів, так і аналітичних методів.

Експертні методи до теперішнього часу мають достатньо розвинуту теоретичну базу, яка дає можливість отримати результати з прийнятним ступенем точності. Проте експертним методам властиві такі недоліки, як суб'єктивний характер результатів оцінки, велика трудомісткість їх обробки, необхідність участі великої кількості фахівців, недостатній, як правило, рівень підготовки і атестації експертів.

Застосування аналітичних (аналітико-статистичних) методів на основі математичного моделювання процесів застосування літака дозволяє визначити кількісний взаємозв'язок оцінюваних ТТХ з обраним показником ефективності, оцінити їх важливість і відсіяти ті з них, які чинять незначний вплив на показник ефективності літака. Саме ці методи будуть розглянуті нижче.

Використання аналітичних методів при виділенні домінуючих ТТХ припускає

виконання таких етапів:

розробка математичної моделі процесу застосування літака з урахуванням номенклатури характеристик, що впливають на показник ефективності його застосування;

проведення обчислювального експерименту на моделі з використанням методів планування експерименту, збір і обробка отриманого статистичного матеріалу;

оцінка вкладів характеристик літака на показник ефективності його застосування;

виділення домінуючих характеристик і відсіювання неістотних факторів.

Розглянемо виділені етапи дослідження.

Математичні моделі процесів застосування літака дозволяють виділити перелік керованих і некерованих ТТХ. Некеровані ТТХ (наприклад, параметри контуру протиповітряної оборони противника) визначаються умовами моделювання, керовані технічні характеристики досліджуються в процесі моделювання. В подальшому до керованих ТТХ буде застосовуватися термін фактори. В процесі проведення дослідження на моделі необхідно визначити характер і ступінь впливу кожного з факторів на показник ефективності процесу застосування літака. Для цього назначаються інтервали варіювання кожного з факторів (мінімальне і максимальне їх значення) і формується область досліджуваного факторного простору. При виборі цієї області приймаються такі допущення:

до області факторного простору повинні потрапити всі значимі фактори;

вилучаються ті ділянки області, де настає насичення показника ефективності, тобто фактори перестають впливати на показник.

При проведенні обчислювального експерименту [1] всі фактори фіксуються на незмінних рівнях (як правило, в центрі факторного простору) і по черзі кожний з факторів приймає нижнє  $x_{min}$  і верхнє  $x_{max}$  значення інтервалу варіювання. Визначаються максимальне  $Y_{(x_j)max}$  і мінімальне  $Y_{(x_j)min}$  значення показника ефективності і розраховується ступінь впливу (вклад) фактора на показник ефективності (рис. 1)

$$\Delta Y(x_j) = \frac{Y_{(x_j)max} - Y_{(x_j)min}}{Y_{(x_j)max}} .$$

За допомогою  $\Delta Y(x_j)$  можна проранжувати всі фактори в ряд за зменшенням ступеня їх впливу на показник ефективності.

Наступна методика виділення значимих факторів – це метод випадкового балансу [2]. Основними припущеннями методу випадкового балансу є апріорні відомості про незначимість більшості ефектів факторів. Ціль методу – в результаті проведення невеликої кількості експериментів побудувати діаграму рангів і виділити найбільш сильно впливові фактори і їх взаємодії. Для виділення лінійних ефектів факторів розраховується різниця між медіанами рівнів факторів. Ідея методу складається в наступному. Варіюючи фактори на декількох рівнях, замість регулярних дрібних планів пропонується брати плани, рівні факторів в яких розподілені випадковим чином. При цьому спільні оцінки показника ефективності

виявляються змішаними випадково, що дозволяє виділити деяку кількість найбільш сильно впливових факторів та їх взаємодію. Метод випадкового балансу має малу

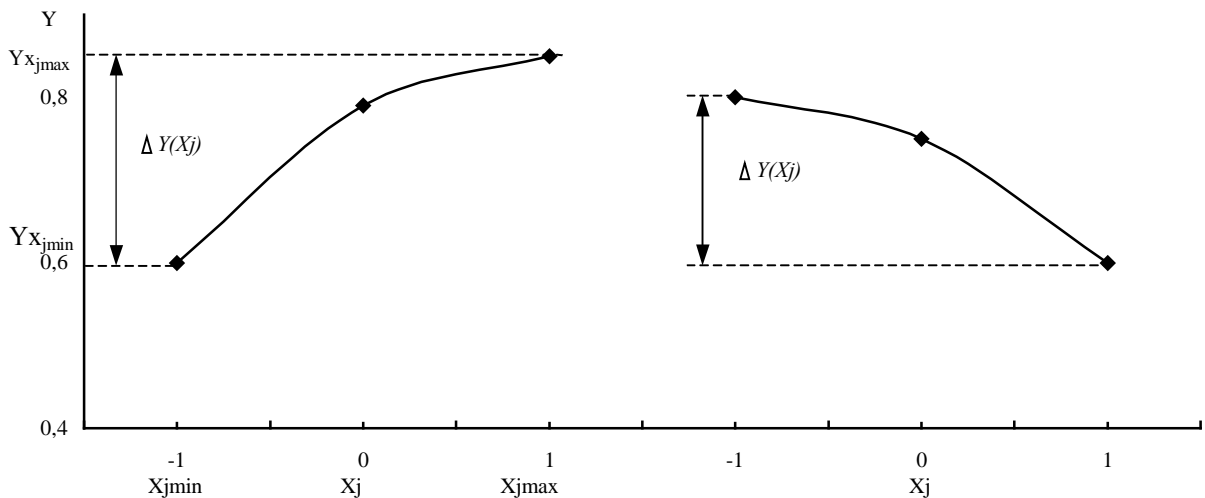


Рис. 1. – Визначення характеру впливу  $j$ -го фактора на показник ефективності

чутливість (тобто здатність виділяти коефіцієнти регресії, значно відмінні від нуля), але велику розрізнявальну здатність (здатність виділяти сильно впливові оцінки показника ефективності серед великої кількості оцінок, що знаходяться під підозрою).

Метод включає ряд послідовних етапів:

*Встановлення рівнів варіювання факторів.* При плануванні по методу випадкового балансу фактори найчастіше варіюють на двох рівнях (принаймні кількість рівнів може бути і більше), для чого кожному фактору встановлюють основний рівень, інтервали варіювання і значення його на нижньому (-1) і верхньому (+1) рівнях.

*Складання матриці планування.* Для побудови матриці випадкового балансу використовують випадковий механізм.

Матриці планування можна будувати двома способами:

«чистим» випадковим балансом, тобто розподіленням рівнів факторів по стовпчику за допомогою генераторів випадкових чисел (наприклад, ЛП<sub>τ</sub> - генератор випадкових чисел, статистично рівномірно розподілених в інтервалі варіювання), бажано при цьому, щоб кількість «+» і «-» у стовпчику було однаковим;

випадковим змішуванням строк мінімально можливого повного факторного експерименту або регулярних дрібних реплік.

*Проведення експерименту.*

Виділення найбільш впливових факторів проводиться за допомогою діаграми розсіяння, суть якої полягає в наступному: якщо в процесі експерименту з багатьма факторами зафіксувати один з факторів на одному з рівнів, а рівні решти факторів міняти випадковим чином, розраховуючи при цьому значення показника ефективності, то на основі отриманих даних можна побудувати діаграму розсіяння.

*Побудова діаграм розсіяння і розрахунок ефектів факторів.*

Для побудови діаграми розсіяння по осі ординат (Y) відкладають значення показника ефективності, по осі абсцис розташовують досліджувані фактори. Для

кожного фактора проводять дві ординати: одну для нижнього (-) рівня, другу – для верхнього (+) рівня. Далі кожен фактор розглядається незалежно один від одного. На ординаті для верхнього (+) рівня фактора позначають точки зі значенням показника ефективності, коли цей фактор був на рівні (+), на ординаті для нижнього (-) рівня фактора – точки, коли даний фактор при проведенні експерименту був на рівні (-). Таким чином, для кожного фактора формуються дві групи точок: одна на рівні (+), друга – на рівні (-). Для кожної з груп в якості середніх значень показника ефективності вибирають медіани (медіана – це така лінія, по кожен бік якої лежить рівна кількість точок, незалежно від їх конкретних значень). Для виділення найбільш впливових факторів розраховують різницю між медіанами для верхнього і нижнього рівнів фактора, що є вкладом фактора в показник ефективності літака.

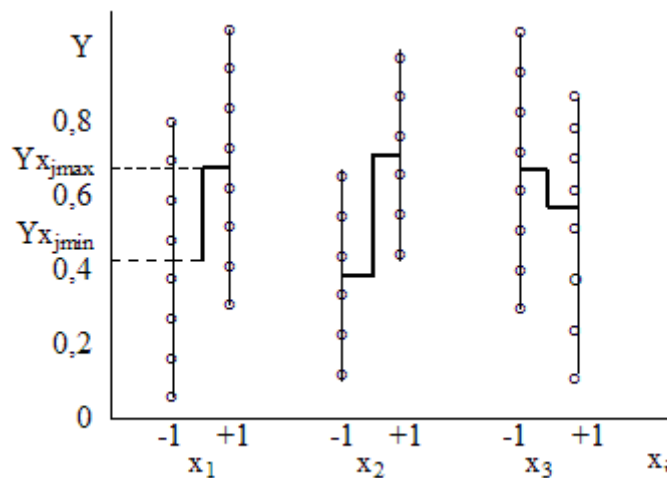


Рис. 2 – Точкові діаграми розсіяння показника ефективності для  $x_j$  факторів

Чим більше вклад фактора, тим вагоміше фактор. Серед трьох факторів, наведених на рис. 2, домінуючим є фактор  $x_2$ .

Усі фактори за величиною внеску можна розділити на дві групи: суттєві і несуттєві (або важливі і неважливі). Конкретні рекомендації з їхнього вибору в наявній літературі відсутні, що пов'язано з особливостями рішення кожної конкретної задачі. Межі їхнього розділу  $\Delta Y(x_j)_{min}$  (рис.3), що задаються в процесі дослідження, повинні виключити можливість пропуску важливих факторів, у зв'язку з чим до несуттєвих можна віднести ті фактори, внесок яких не перевищує 5% .

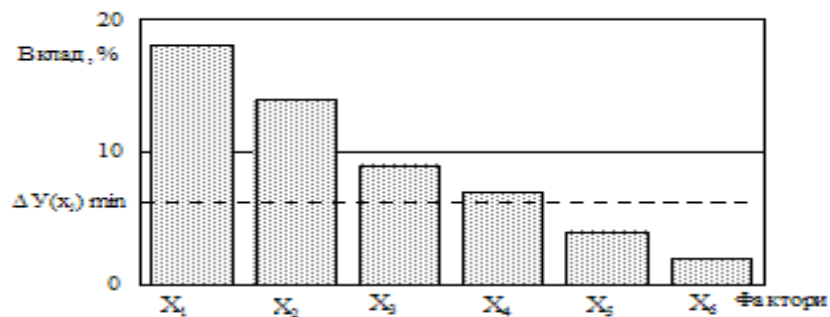


Рис. 3 Розподіл факторів на групи

Згідно з [2] метод випадкового балансу має інтуїтивне обґрунтування і представляє собою спробу формалізувати такі прийоми виділення домінуючих факторів, що використовують експериментатори, спираючись на свої знання, досвід і інтуїцію.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. В.А. Вознесенский. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. – М.: Финансы и статистика, 1981. 264 с.
2. Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования эксперимента. – М.: Машиностроение, 1980. – 304 с.

*Надійшла до редакції 22.10.2011*