

О.Є. Мавренков, д-р техн. наук
(Державний науково-дослідний інститут авіації, Україна)

А.О. Мавренкова
(Національний авіаційний університет, Україна)

Удосконалений методичний апарат порівняльного оцінювання безпілотних авіаційних комплексів

Представлено результати досліджень по удосконаленню методичного апарату порівняльного оцінювання безпілотних авіаційних комплексів у напрямках більш повного врахування складових фінансових витрат і ризикоутворюючих факторів, що супроводжують процеси реалізації проєктів постачання (розроблення) таких комплексів.

Різноманіття класів і типів безпілотних авіаційних комплексів (БАК), які на сьогодні пропонуються на світових ринках авіаційної техніки, обумовлюють актуальність задачі їх порівняльної оцінки при виборі кращих (потрібних, ефективних) зразків.

Така задача в методологічному плані вирішується на сьогодні в переважній більшості шляхом комплексного застосування критеріїв "ефективність (якість) – вартість".

Як показник ефективності застосування БАК у переважній більшості відомих методик використовується ймовірність виконання завдання у відповідності до цільового призначення комплексу. При цьому розрахунок такого показника відбувається, як правило, шляхом математичного (імітаційного) моделювання процесу застосування (використання) БАК. Такий методичний підхід до оцінювання ефективності застосування БАК потребує розроблення складних повномасштабних математичних моделей (ММ) з підтвердженням їх адекватності та достовірності [1].

Що стосується задачі порівняльного аналізу альтернативних БАК, то вона може бути вирішена поза межами повномасштабного математичного (імітаційного) моделювання. Це твердження витікає з тієї умови, що порівняння альтернативних зразків повинно здійснюватися для однакових способів їх застосування та у однакових умовах функціонування. А значить необхідність формалізації оточуючого середовища та прийомів (способів) застосування БАК втрачає сенс. За цих умов ефективність застосування БАК буде однозначно визначатися тільки його якістю як складної технічної системи (СТС).

Інтегральною характеристикою якості СТС є її технічний рівень (ТР), що являє собою певну згортку основних показників технічної досконалості (технічних характеристик) СТС. Як показник технічного рівня СТС використовується коефіцієнт технічного рівня (КТР), що визначає ступінь (рівень) якості СТС по відношенню до базового / еталонного зразка-аналога [2].

Відомі методики оцінювання КТР СТС засновуються на методологічному апараті кваліметрії – науки, що займається проблематикою кількісних оцінок якості об'єктів (виробів, процесів). Оцінка КТР СТС засновується розрахунку співвідношення визначальних показників технічної досконалості (технічних характеристик) оцінюваної й базової (еталонної) СТС з урахуванням відносної важливості цих показників [3, 4]. Під визначальними розуміють показники (характеристики), що мають найбільший (вирішальний) вплив на ефективність застосування (використання) СТС за її цільовим призначенням.

Методика розрахунку КТР БАК засновується на принципі функціональної декомпозиції та тонкоструктурного порівняльного аналізу визначальних показників (характеристик) такого БАК. Проведення цього аналізу передбачає побудову багаторівневої ієрархічної структури показників технічної досконалості (технічних характеристик) БАК та виділення з них визначальних.

Формальний вигляд КТР БАК може бути представлено у вигляді:

$$K = \sum_{k=1}^M \sum_{ki=1}^{N_k} \delta_k \gamma_{ki} \frac{\bar{\chi}_{ki}}{\bar{\chi}_{ki}^{\bar{\sigma}_{az}}}, \quad (2)$$

де δ_k – коефіцієнт вагомості k -ої функціональної підсистеми БАК, який оцінюється, такий, що $\sum_{k=1}^M \delta_k = 1$; γ_{ki} – коефіцієнт вагомості i -го показників технічної досконалості (технічних характеристик) k -ої функціональної підсистеми БАК, який оцінюється, такий, що $\sum_{ki=1}^{N_k} \gamma_{ki} = 1$; M – кількість функціональних підсистем оцінюваного БАК; N_k – кількість визначальних показників технічної досконалості (технічних характеристик) k -ої функціональної підсистеми оцінюваного БАК; $\bar{\chi}_{ki}, \bar{\chi}_{ki}^{\bar{\sigma}_{az}}$ – приведені значення i -го показника технічної досконалості (технічної характеристики) k -ої функціональної підсистеми оцінюваного та базового БАК, відповідно, такі, що:

$$\bar{\chi}_{ki}(\bar{\chi}_{ki}^{\bar{\sigma}_{az}}) = \begin{cases} X_{ki}(X_{ki}^{\bar{\sigma}_{az}}), & \text{якщо збільшення } i\text{-го показника } k\text{-ої функціональної} \\ & \text{підсистеми БАК відповідає збільшенню його технічної} \\ & \text{досконалості;} \\ \frac{1}{X_{ki}} \left(\frac{1}{X_{ki}^{\bar{\sigma}_{az}}} \right), & \text{якщо збільшення } i\text{-го показника } k\text{-ої функціональної} \\ & \text{підсистеми БАК відповідає зменшенню його технічної} \\ & \text{досконалості.} \end{cases}$$

$X_{ki}, X_{ki}^{\bar{\sigma}_{az}}$ – натуральні значення i -го показника технічної досконалості (технічної характеристики) k -ої функціональної підсистеми оцінюваного та базового БАК, відповідно.

Другим критерієм у системі порівняльного оцінювання альтернативних БАК виступають фінансові витрати (вартість).

Відомі методики техніко-економічного аналізу БАК, як правило, використовують такі показники фінансових витрат: вартість розроблення БАК; ринкова вартість БАК; вартість контракту на поставку певної кількості (партії) БАК; вартість однієї години експлуатації БАК. Крім того існують підходи, в основу яких покладено оцінювання зміни контрактної питомої ціни зразка, як відношення ціни серійного зразка БАК до маси його пустого [5].

Кожний окремий з перелічених вартісних показників не дозволяє коректно використовувати його у системі прийняття рішень щодо вибору БАК, оскільки не враховує у повній мірі фінансові витрати, що пов'язані як власне з процедурою його закупівлі, так і подальшою його експлуатацією (утриманням).

Таким чином, проведений аналіз показує, що представлений методичний підхід порівняльного аналізу БАК в системі критеріїв "ефективність (якість) – вартість" не в повній мірі враховує необхідні (визначальні) аспекти процесу оцінки БАК при їх виборі. По-перше, використовувані вартісні показники БАК носять обмежений інформативний характер і не враховують у комплексі експлуатаційних та інших витрат впродовж життєвого циклу БАК. А, як відомо, наприклад, тільки експлуатаційні витрати можуть складати до 70 % витрат за період життєвого циклу БАК [3]. По-друге, не враховуються можливі ризики, які супроводжують процеси постачання (розроблення) БАК, що може призвести до збитків і / або зриву реалізації запланованих проєктів.

Авторами пропонується удосконалення існуючого методичного апарату оцінки БАК шляхом: 1) використання як критерію вартості – вартості життєвого циклу БАК; 2) введення додаткового критерію – інтегральний ризик реалізації проєкту постачання (розроблення, закупівлі) БАК.

Аналіз процесів життєвого циклу проєктів постачання БАК показує, що основними складовими вартості їх реалізації в загальному випадку є: кількість БАК, що постачається; вартість власне БАК; зв'язані витрати (обладнання та послуги); вартість години експлуатації БАК; середньорічний наробіток (наліт) БЛА у годинах; призначений строк / ресурс експлуатації БАК у роках / годинах; вартість розроблення БАК або вартість придбання ліцензії на виробництво БАК; витрати на підготовку виробництва.

В загальному випадку показник C вартості життєвого циклу БАК може бути розраховано за формулою:

$$C = N(C_1 \cdot K_{ЗВ} + C_{ГЕ} \cdot \tau \cdot T) + [C_P + C_{ПВ} + C_{Л}] + C_{УТ} \quad (3)$$

де N – кількість БАК (БЛА), що постачається; C_1 – вартість одного БАК; $K_{ЗВ}$ – коефіцієнт зв'язаних витрат; $C_{ГЕ}$ – вартість години експлуатації; τ – середньорічний наробіток (наліт) БАК у годинах; T – призначений строк експлуатації БАК; C_P – вартість розроблення БЛА; $C_{ПВ}$ – витрати на підготовку виробництва БЛА; $C_{Л}$ – вартість ліцензії на виробництво БЛА; $C_{УТ}$ – вартість утилізації БЛА.

При використанні формули (3) для оцінювання вартості реалізації проєктів закупівлі ЛА за імпортом такі її складові, як C_p , $C_{пв}$, $C_{л}$ не враховуються. При використанні формули (3) для оцінювання вартості реалізації проєктів ліцензійного виробництва ЛА така її складова, як C_p не враховується. При використанні формули (3) для оцінювання вартості реалізації проєктів розроблення та виробництва ЛА така її складова, як $C_{л}$ не враховується.

Оцінювання інтегрального ризику R проєкту засновується на методичному апараті теорії ризиків і полягає у вимірі фактичного рівня небезпеки кожного окремого ризику та у визначенні ступеня його впливу на проєкт [6]. Таке оцінювання передбачає визначення параметрів кожного ризику (ймовірності настання та величини можливих збитків / втрат) і розрахунок індексу I_r ризику за формулою:

$$I_r = U_r p_r, \quad (4)$$

де U_r – величина збитку від настання r -го ризику; p_r – ймовірність настання r -го ризику.

Індекс ризику є показником, що дає можливість судити про рівень загрози ризику. Процедура його розрахунку доцільно виконувати за допомогою матриці "ймовірність – збиток" з розмірністю 5×5 , яка будується на основі бальних експертних оцінок величини збитку від настання ризику (мінімальний, низький, середній, високий, максимальний) та імовірності його настання (слабоімовірний, малоімовірний, ймовірний, досить ймовірний, майже можливий) та у відповідності до якої визначається рівень загрози ризику для проєкту.

Для оцінювання інтегрального ризику проєкту відбирається група неприпустимих ризиків, настання яких є критичним для успішного виконання проєкту та може призвести до його невиконання (зриву, провалу) в цілому.

Група неприпустимих ризиків формується на основі розрахунку індексу I_r кожного r -го ризику, що пов'язує величину збитку з ймовірністю настання негативної події, що призводить до цього збитку, який визначається за формулою (4). Величина індексу k -го неприпустимого ризику становить від 12 до 25 одиниць ($12 \leq I_q \leq 25$).

Інтегральний ризик R реалізації проєкту може бути представлено, як відношення суми індексів неприпустимих ризиків до суми індексів всіх ідентифікованих ризиків реалізації проєкту, за формулою:

$$R = \frac{\sum_{q=1}^Q I_q}{\sum_{r=1}^R I_r}, \quad (5)$$

де R , Q – кількості ідентифікованих ризиків та неприпустимих ризиків з числа ідентифікованих, відповідно; I_r , I_q – індекси r -го ідентифікованого та k -го неприпустимого ризиків, відповідно.

Представлена виразом (5) величина R за своїм фізичним змістом

розглядається як очікувана ступінь ризикованості виконання проєкту в цілому. Значення величини R знаходяться в межах від 0 до 1, де значенню "1" відповідає очікуване невиконання (зрив, провал) проєкту, а значенню "0" – очікуване успішне виконання проєкту.

При цьому згідно рекомендацій теорії ризиків проєкт вважається доцільним до реалізації (відкриття) при очікуваній ризикованості його виконання не більше 0,2.

Висновки

Таким чином, за представленими результатами досліджень отримано удосконалений методичний апарат порівняльного оцінювання БАК, який, як очікується, забезпечить ефективну підтримку прийняття рішень за рахунок більш повного врахування складових фінансових витрат і ризикоутворюючих факторів, що супроводжують процеси реалізації проєктів постачання БАК.

Подальші дослідження авторів буде зосереджено на ідентифікації можливих ризиків за окремими проєктами постачання (розроблення, закупівлі) БАК і складанні розгорнутих їх переліків, аналізі їх параметрів (ймовірності настання та збитку) і розрахунку відповідних індексів.

Результати апробації представленого методичного апарату буде представлено у подальших статтях авторів.

Список літератури

1. Стещенко П.М. Математична модель для оцінювання ефективності бойового застосування розвідувальних безпілотних авіаційних комплексів // Науково-технічний журнал "Озброєння та військова техніка" – К.: 2016. – Вип. № 2(10) – С. 26 – 29.
2. Азгальдов Г.Г. Количественная оценка качества продукции. Основы квалиметрии. – М.: Знание, 1986. – 252 с.
3. Беспилотные летательные аппараты: Методики приближенных расчетов основных параметров и характеристик / Ильюшко В.М., Митрахович М.М. и др. Под ред. Силкова В.И. – К.: ЦНИИ ВВТ ВСУ, 2009. – 302с.
4. Малогабаритные беспилотные авиационные комплексы (Mini UVS) / Башинский В.Г., Бзот В.Б. и др. Под ред. Леонтьева А.Б. / Монография – Запорожье: изд. АО «МОТОР СИЧ», 2014 г. – 261 с.
5. Леженін С.І., Стещенко П.М. Методичні особливості оцінювання фінансових витрат у системі вибору альтернативних зразків безпілотних авіаційних комплексів військового призначення // Збірник наукових праць ДНДІА – К.: ДНДІА, 2016. – Вип. № 12(19) – С. 102 – 108.
6. Шоломицкий А.Г. Теория риска. Выбор при неопределенности и моделирование риска / Шоломицкий А.Г. – М.: Экономика, 2005. – 376с