

УДК 629.7.017

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

МІРНЕНКО В.І., завідувач кафедри, доктор технічних наук, професор

МАВРЕНКОВ О.Є., начальник науково-дослідної лабораторії, доктор технічних наук, старший науковий співробітник

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОЇ ДОСКОНАЛОСТІ АВІАЦІЙНИХ ТРЕНАЖЕРНИХ КОМПЛЕКСІВ

Представлено результати досліджень по розробленню методичного апарату кількісного оцінювання технічної досконалості авіаційного тренажерного комплексу як узагальненого показника його навчальної і економічної ефективності та технічного рівня

Ключові слова: авіаційний тренажерний комплекс, технічна досконалість, навчальна ефективність, економічна ефективність, технічний рівень, точка "ідеалу" критеріального простору

Актуальність проблематики кількісного оцінювання досконалості авіаційних тренажерних комплексів (АТрК) обумовлюється, насамперед, завданням порівняння альтернативних їх зразків та вибору кращих варіантів при оснащенні Збройних Сил України.

За відомим на сьогодні методичним підходом оцінювання АТрК здійснюється за складовими, що визначають якість та повноту навчання (підтримання навичок) льотного складу – навчальну ефективність, а також фінансові витрати, пов'язані з таким навчанням (підтриманням навичок), – економічну ефективність [1, 2]. При такому підході поза увагою залишається оцінка якості АТрК як складної технічної системи.

Авторами пропонується представляти технічну досконалість АТрК як комплексну узагальнену характеристику, яка поряд з навчальною та економічною ефективністю включає якість АТрК як складної технічної системи – його технічний рівень.

Структуру складових пропонованого узагальненого показника технічної досконалості АТрК наведено на рис. 1.

Навчальна ефективність АТрК характеризується, насамперед, показниками кількості вирішуваних на тренажері завдань, якістю імітації цих завдань, пропускнуою здатністю тренажера як системи навчання, функціональними можливостями щодо автоматизації процесу навчання та контролю якості такого навчання [1, 2].

Економічна ефективність АТрК характеризується економічним ефектом від його використання, що визначається показниками вартості години експлуатації тренажера, вартості часу експлуатації імітуемого ЛА, часом, необхідним на підготовку льотного складу, часом наробітку тренажера на рік [1, 2].

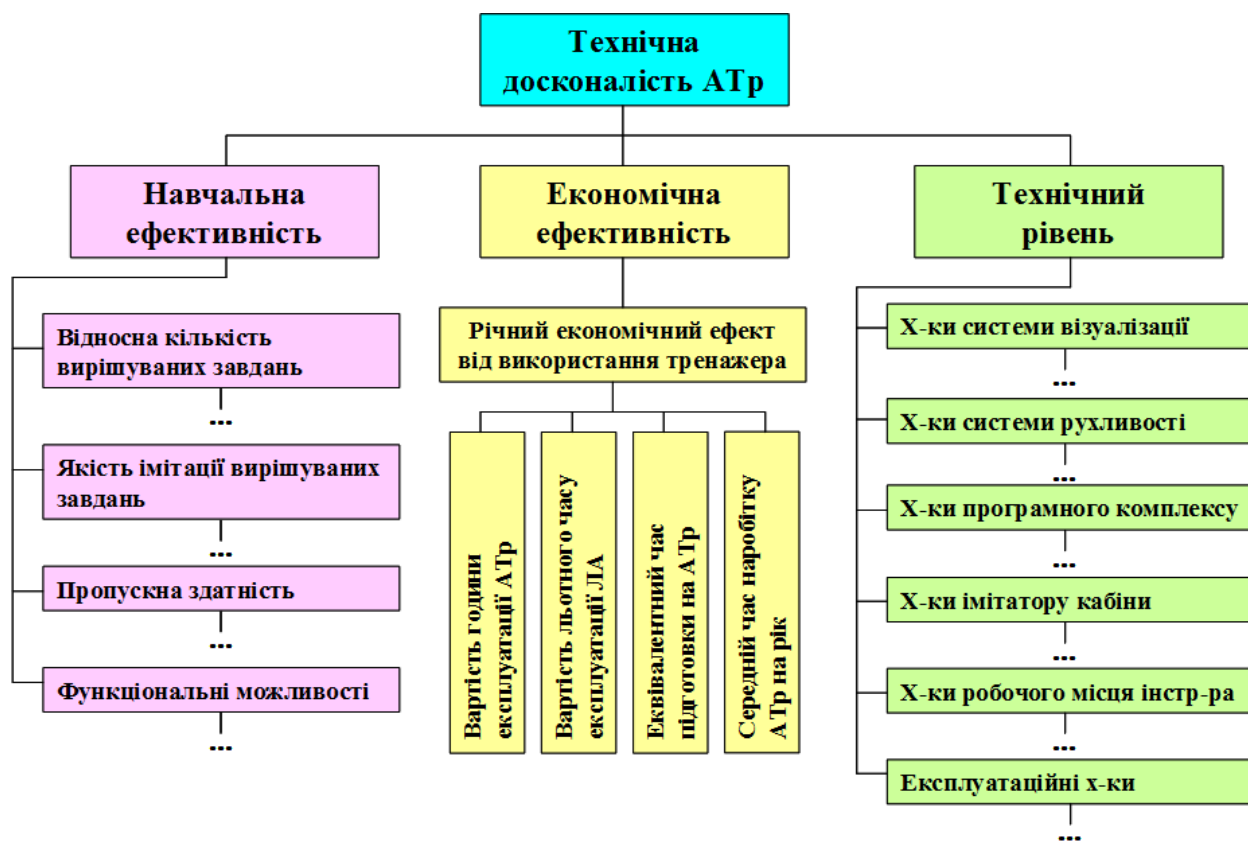


Рис. 1. Структура складових узагальненого показника технічної досконалості авіаційного тренажерного комплексу

Технічний рівень АТрК визначається, насамперед, характеристиками системи візуалізації, системи рухливості, програмного комплексу, імітатора кабіни екіпажу, робочого місця інструктора та експлуатаційними характеристиками тренажера.

Комплексним показником, який характеризує технічний рівень АТрК прийнято коефіцієнт військово-технічного рівня (КВТР), що визначає ступінь (рівень) якості зразка, як складної технічної системи (СТС), по відношенню до базового (еталонного) зразка (аналога).

Математичний апарат розрахунку КВТР АТрК засновується на методологічному апараті кваліметрії – теорії, що займається проблематикою кількісних оцінок якості об’єктів (виробів, зразків тощо) [3...6]. В основу математичного апарату покладено зіставлення визначальних показників технічної досконалості (ПТД) оцінюваного та базового АТрК.

Під визначальними розуміють ПТД (ТТХ), що мають найбільший (вирішальний) вплив на ефективність застосування АТрК за його цільовим призначенням.

Таким чином, розрахунок КВТР АТрК ($K_{ВТР}$) засновується на математичному апараті оцінювання технічного рівня (якості) СТС по співвідношенню визначальних ПТД (ТТХ) оцінюваного й базового (еталонного) АТрК з урахуванням відносної важливості цих показників.

Математична модель для оцінювання технічного рівня АТрК описується формулою:

$$K_{BTP} = \sum_{k=1}^M \sum_{ki=1}^{N_k} \delta_k \gamma_{ki} \frac{\bar{\chi}_{ki}}{\bar{\chi}_{ki}^{bas}}, \quad (1)$$

де δ_k – коефіцієнт вагомості k -ої функціональної підсистеми АТрК, який оцінюється, як такий, що $\sum_{k=1}^M \delta_k = 1$; γ_{ki} – коефіцієнт вагомості i -го ПТД (ТТХ) k -ої функціональної підсистеми АТрК, який оцінюється, як такий, що $\sum_{ki=1}^{N_k} \gamma_{ki} = 1$; M – кількість функціональних підсистем оцінюваного АТрК; N_k – кількість визначальних ПТД (ТТХ) k -ої функціональної підсистеми оцінюваного АТрК; $\bar{\chi}_{ki}, \bar{\chi}_{ki}^{bas}$ – приведені значення i -го ПТД (ТТХ) k -ої функціональної підсистеми оцінюваного та базового АТрК, відповідно, такі, що:

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

X_{ki}, X_{ki}^{bas} – натуральні значення i -го ПТД (ТТХ) k -ої функціональної підсистеми оцінюваного та базового АТрК, відповідно.

При цьому зразок АТрК подається у вигляді складної технічної системи, яка утворюється із функціонально зв'язаної сукупності підсистем. Кожна з таких функціональних підсистем характеризується сукупністю множин її власних показників, параметрів (тактико-технічних характеристик), які узагальнюють в собі весь спектр можливостей АТрК виконувати функції за цільовим призначенням.

Розрахунок КВТР АТрК засновується на принципі функціональної декомпозиції та тонкоструктурного порівняльного аналізу визначальних ПТД (ТТХ) АТрК. Проведення цього аналізу передбачає побудову багаторівневої ієрархічної структури ПТД (ТТХ) та виділення з них визначальних.

Для АТрК доцільно виділити три рівні ієрархії:

- 1 рівень – рівень мети структурної декомпозиції АТрК;
- 2 рівень – рівень функціональних підсистем АТрК, що відповідають його цільовому призначенню;
- 3 рівень – рівень показників (характеристик, параметрів) функціональних підсистем АТрК.

Дерево ієрархій для визначання КВТР АТрК у загальному вигляді наведено на рис. 2.

На першому рівні ієрархії визначається мета структурної декомпозиції АТрК – оцінювання технічної досконалості АТрК за показником КВТР у відповідності до його цільового призначення.

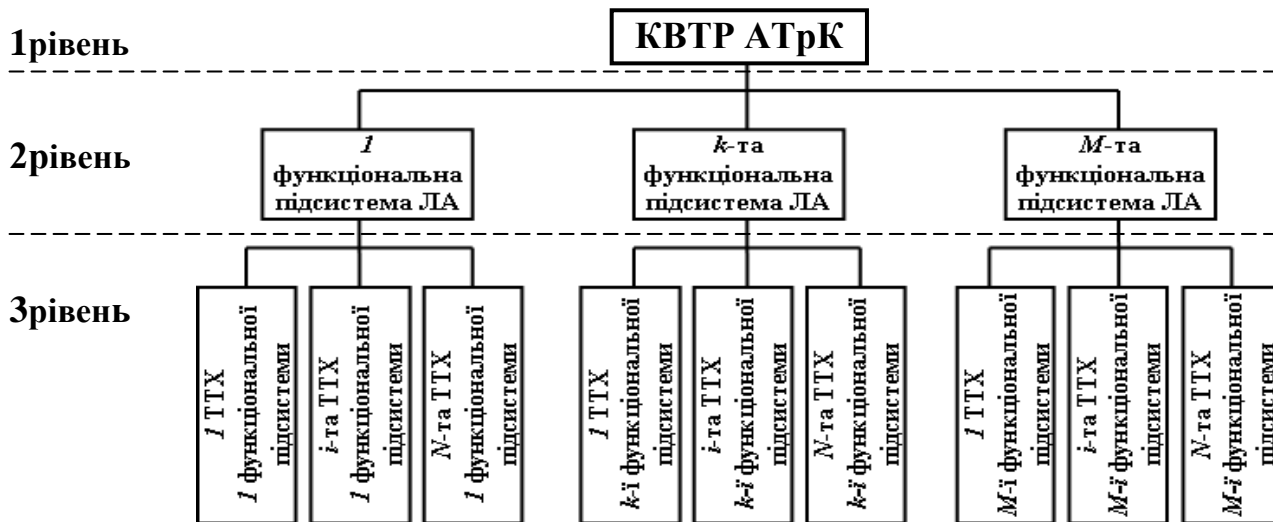


Рис. 2. Загальний вигляд дерева ієрархії для визначання KBTR ATrK

На другому рівні ієрархії визначають основні функціональні підсистеми ATrK, що обумовлюють його структуру як СТС та відповідають його цільовому призначенню.

На третьому рівні ієрархії розглядають показники (характеристики, параметри) кожної окремої функціональної підсистеми ATrK (їх кількісні значення або якісні градації), що роблять визначальний вплив на рівень технічної досконалості ATrK у відповідності до його цільового призначення.

Ієрархічну структуру ATrK для визначення його KBTR наведено на рис. 3.

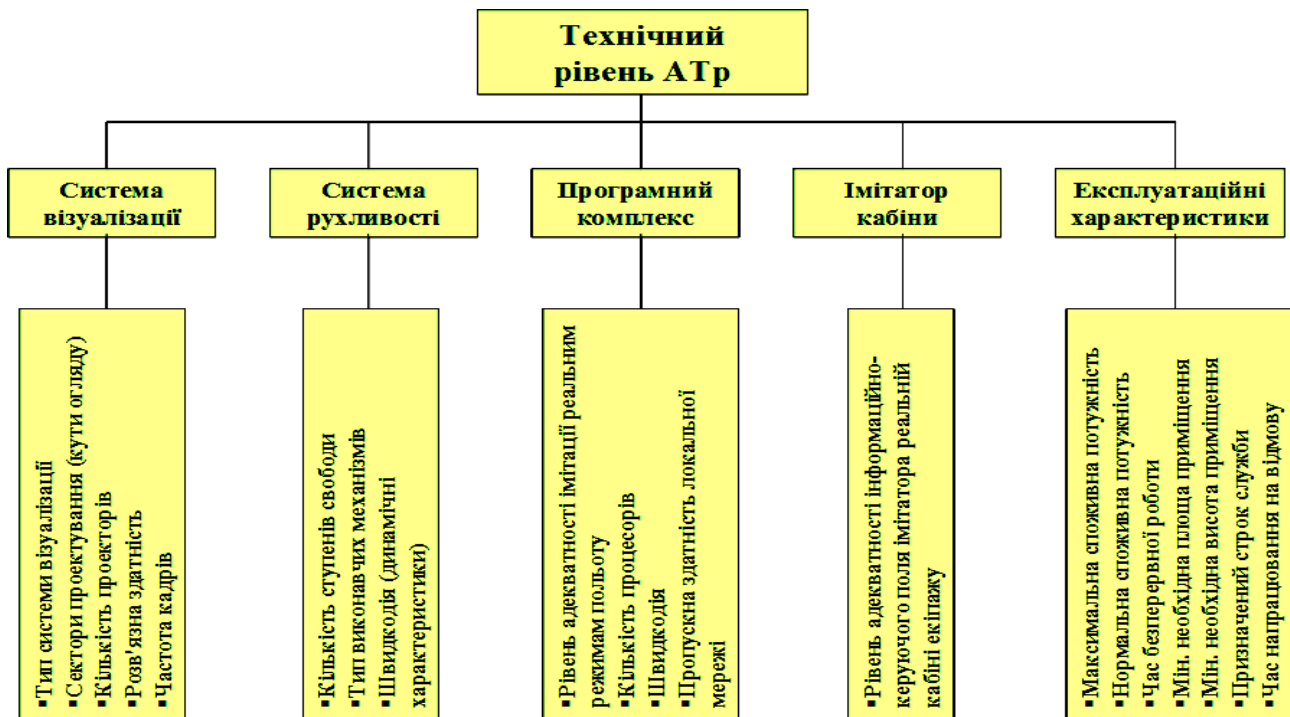


Рис. 3. Ієрархічна структура авіаційного тренажера для визначення його коефіцієнта військово-технічного рівня

На рівні функціональних підсистем АТрК доцільно розглядати такі з них: підсистема візуалізації; підсистема рухливості; програмний комплекс; імітатор кабіни екіпажу; підсистема експлуатаційних характеристик тренажера.

У підсистемі візуалізації визначальними ПТД є: тип системи візуалізації; сектори проектування (кути огляду у вертикальній та горизонтальній площинах); кількість проєкторів; розв'язальна здатність; частота кадрів.

У підсистемі рухливості визначальними ПТД є: кількість ступенів свободи; тип виконавчих механізмів; швидкодія (час реакції виконавчого механізму).

Визначальними ПТД програмного комплексу є: рівень адекватності імітації реальним режимам польоту; кількість процесорів; швидкодія (кількість обчислювальних операцій за секунду); пропускну здатність локальної мережі.

Технічна досконалість імітатора кабіни характеризується рівнем адекватності інформаційно-керуючого поля імітатора реальній кабіні екіпажу.

Визначальними експлуатаційними характеристиками АТрК є: максимальна споживальна потужність; нормальна споживальна потужність; час безперервної роботи; мінімально необхідна площа приміщення; мінімально необхідна висота приміщення; призначений строк служби; час напрацювання на відмову.

Загальну структурну схему методики оцінювання технічної досконалості АТрК наведено на рис. 4.

На першому етапі здійснюється формування групи експертів – досвідчених представників льотного складу та фахівців з проблематики системного аналізу, оцінювання ефективності застосування та якості складних військово-технічних систем авіаційного призначення.

На другому етапі здійснюється процедура експертного оцінювання:

якості вирішуваних завдань – за бальною шкалою від 1 до 10;

вагових коефіцієнтів показників, що визначають рівень автоматизації процесу тренування – експертним методом попарного співставлення;

вагових коефіцієнтів показників, що визначають відносну кількість оцінюваних вправ – експертним методом попарного співставлення;

вагових коефіцієнтів функціональних підсистем АТрК (коефіцієнти δ_k у формулі (1)) – експертним методом попарного співставлення;

вагових коефіцієнтів ПТД (ТТХ) функціональних підсистем АТрК (коефіцієнти γ_{ki} у формулі (1)) – експертним методом попарного співставлення.

На третьому етапі формується масив вихідних даних, що включає результати експертного оцінювання попереднього етапу та кількісні значення ПТД (ТТХ) АТрК.

На четвертому етапі за відомими математичними моделями та алгоритмами здійснюється розрахунок визначальних показників технічної досконалості АТрК – навчальної ефективності (E_H), економічної ефективності (E_E) та технічного рівня ($K_{ВТР}$).

На п'ятому етапі виконується розрахунок узагальненого показника технічної досконалості АТрК (D^{TI}) як відстані до точки "ідеалу" у нормованому тривимірному критеріальному просторі "навчальна ефективність – економічна ефективність – технічний рівень".

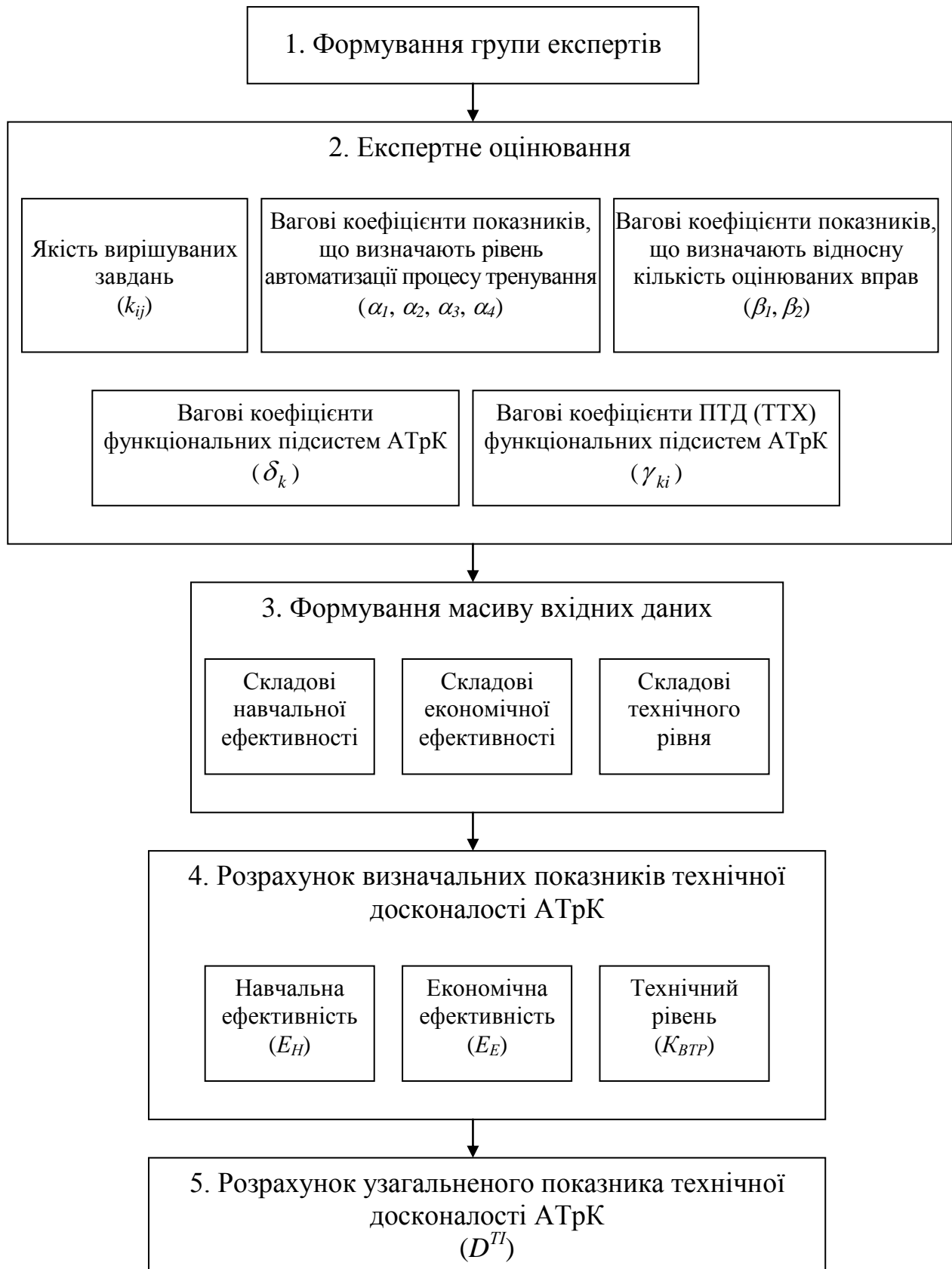


Рис. 4. Методика оцінювання технічної досконалості авіаційного тренажерного комплексу

Узагальнений показник технічної досконалості q -го АТрК представляється як відстань D_q^{TI} до точки "ідеалу" у нормованому тривимірному критеріальному просторі "навчальна ефективність – економічна ефективність – технічний рівень":

$$D_q^{TI} = \sqrt{(1,0 - \bar{E}_{H_q})^2 + (1,0 - \bar{E}_{E_q})^2 + (1,0 - \bar{K}_{BTP_q})^2}, \quad (2)$$

де \bar{E}_{H_q} , \bar{E}_{E_q} , \bar{K}_{BTP_q} – нормовані показники навчальної ефективності, економічної ефективності та технічного рівня q -го АТрК, відповідно.

Процедура нормування здійснюється для приведення показників різної фізичної природи до єдиної шкали виміру за такою узагальненою формулою [6,7]:

$$\bar{k} = \frac{k - k_{\min}}{k_{\max} - k_{\min}}, \quad (3)$$

де \bar{k} – нормоване значення показника; k_{\max} – максимально можливе значення показника; k – натуральне значення показника; k_{\min} – мінімально можливе значення показника.

Представлена методика дозволяє здійснювати вибір кращого зразка АТрК за умовою мінімуму відстані до точки "ідеалу" у нормованому критеріальному просторі:

$$D^{TI} \rightarrow \min.$$

Графічна інтерпретація процедури вибору кращого зразка АТрК представлена на рис. 5.

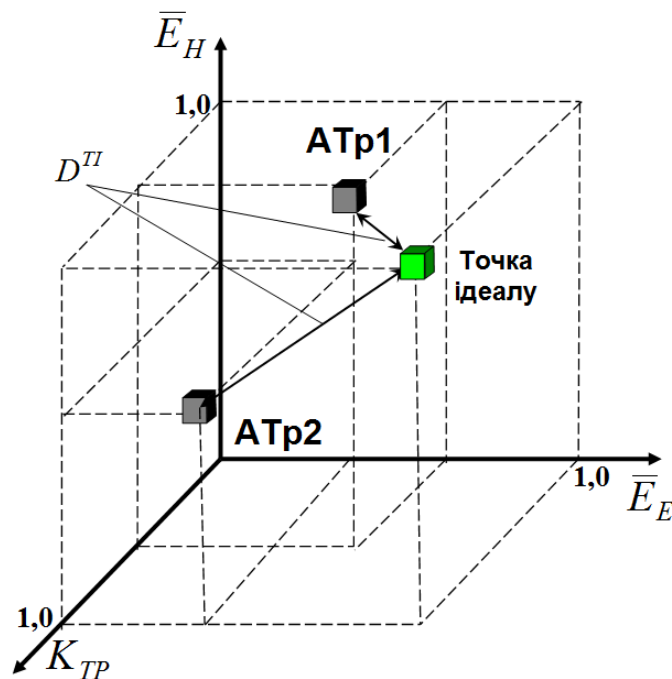


Рис. 5. Графічна інтерпретація процедури вибору кращого зразка авіаційного тренажерного комплексу

При цьому "ідеальною" приймається точка нормованого критеріального простору з узагальненим показником технічної досконалості, що має координати (1,0; 1,0; 1,0).

Подальші дослідження за представленим методичним підходом доцільно спрямувати на вирішення задачі підтвердження достовірності оцінок технічної досконалості АТрК та мінімізації негативного впливу суб'єктивних факторів при застосуванні експертних методів оцінювання окремих параметрів (характеристик) тренажерів. Розроблення надійної системи тестування (перевірки) розглядається авторами як самостійний етап роботи, який безумовно являється органічним продовженням вирішення загальної задачі впровадження представленої методики оцінювання технічної досконалості АТрК.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дудкін І.П. Методика визначення показників воєнно-економічної оцінки ефективності застосування авіаційних тренажерів / Дудкін І.П., Мартинов В.С., Паутинка В.М. // Зб. наук. праць НЦ ПС ЗСУ. – К., 2004. – Вип.7. – С. 91-97.
2. Самков О.В. Методичні особливості порівняння авіаційних тренажерів / Самков О.В., Корнієнко О.В., Височанський А.С., Качур С.Ю. // Наукоємні технології. – К., 2009. – Вип. 2. – С. 1-4.
3. Азгальдов Г.Г. О квалиметрии / Г.Г.Азгальдов, Э.П.Райхман – М.: Изд. стандартов, 1973. – 171 с.
4. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров / Азгальдов Г.Г. – М.: Экономика, 1982.– 258с.
5. Азгальдов Г.Г. Количественная оценка качества продукции. Основы квалиметрии / Азгальдов Г.Г. – М.: Знание, 1986. – 252 с.
6. Гличев А.В. Прикладные вопросы квалиметрии / Гличев А.В. – М.: Изд. стандартов, 1983. – 135с.
7. Большие технические системы: проектирование и управление: Монография / Артюшин Л.М., Зиатдинов Ю.К., Попов И.А., Харченко А.В.; под ред. Попова И.А. – Харьков: Издательство "Факт", 1997. – 400 с.

Надійшла до редакції 07.11.2016

Рецензент :ДТН Кононов О.А.