

ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРЕНАЖНИХ СИСТЕМ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ПІДРОЗДІЛІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У роботі розглядається поняття ефективності тренажних систем навчання, запропоновано новий методологічний апарат для визначення параметрів та критеріїв ефективності тренажних систем, обґрунтовано їх використання для підготовки фахівців підрозділів спеціального призначення.

Ключові слова: тренажна система, підготовка фахівців, показники, ефективність, рівень навчання.

We consider the notion of efficiency trenazhnyh training systems, proposed new methodological apparatus for determining the parameters and performance criteria trenazhnyh systems proved their use for training special units.

Keywords: trainer system, system of preparation, operation, indexes of quality, efficiency, level of educating.

Вступ. Як показано у [1], сучасні системи показників якості та ефективності тренажних систем для підготовки фахівців підрозділів спеціального призначення не завжди відповідають потрібним вимогам.

Існуючі критерії не характеризують ступінь досягнення кінцевої цілі функціонування тренажних засобів – забезпечення потрібного рівня навченості особового складу підрозділів спеціального призначення, які повинні перебувати у постійної готовності, не відповідають основній меті, що висувається до критерію ефективності.

Існуючі показники можуть призвести до похибок у оцінках ефективності різних систем підготовки через те, що вони не дозволяють проводити повну оцінку тренажних засобів з урахуванням процесу їх функціонування.

Визначення інтегральних показників ефективності тренажних систем пов'язано з труднощами отримання достовірних і об'єктивних значень вагових коефіцієнтів при часткових показниках тому, що їм притаманні загальні недоліки інтегральних показників, які формуються методами згортки.

Використання методів експертних оцінок на двох послідовних етапах формування часткових та інтегральних показників якості тренажних засобів знижує достовірність оцінок, які визначаються на їх основі.

Цілі дослідження. Обґрунтування таких показників ефективності тренажних засобів та систем, які б дозволили враховувати:

- цільове призначення системи підготовки, у якій функціонує тренажна система, що оцінюється;
- рівень навчання фахівців, який досягається при використанні тренажної системи, що оцінюється;
- співвідношення досягнутого рівня навчання особового складу підрозділу з його потрібним рівнем.

Поняття ефективності для тренажних систем.

Оцінка кожного окремого тренажного засобу повинна проводитись у відповідності з його внеском у ефективність системи.

Для формування таких показників необхідно врахувати деякі основні положення теорії ефективності [2].

У рамках основних положень дослідження операцій, функціонування тренажних засобів у процесі підготовки фахівців підрозділів спеціального призначення можна представити як *операцію*, під якою розуміють впорядкований захід, об'єднаний єдиним замислом і направлений на досягнення визначеної цілі [3, 4, 5].

Оскільки підготовка фахівців підрозділів відбувається в часі та має визначену ціль, то функціонування тренажної системи може розглядатися як направлений процес, під яким розуміється сукупність послідовних дій для досягнення будь-якого результату.

Таким чином, об'єктом розгляду та дослідження є направлений до цілі процес функціонування тренажних засобів та систем у процесі підготовки фахівців підрозділів спеціального призначення, тобто операція, яка реалізується системою бойової підготовки.

Будь-яка операція характеризується [2]:

➤ результативністю – здатністю давати цільовий результат (вектор $x_{(n_1)} = \langle x_1, x_2, \dots, x_{n_1} \rangle$)

➤ ресурсоемністю – витрачанням ресурсів (матеріально-технічних, фінансових, людських та інше) (вектор $z_{(n_2)} = \langle z_1, z_2, \dots, z_{n_2} \rangle$),

➤ оперативністю – витрачанням часу, потрібним для досягнення цілі операції (вектор $\tau_{(n_3)} = \langle \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_{n_3} \rangle$).

Таким чином, якість операції, що проводиться тренажною системою по бойовій підготовці особового складу підрозділів спеціального призначення (її операційні властивості) визначаються трьома групами компонент, які утворюють *n*-мірний вектор показника якості результатів операції

$$Y_{(n)} = \langle x_{(n_1)}, z_{(n_2)}, \tau_{(n_3)} \rangle, \tag{1}$$

де $n = n_1 + n_2 + n_3$, при $n_1 = 1, n_2 = 1, n_3 = 1$ (1) матиме вигляд

$$Y_{(3)} = \langle x, z, \tau \rangle. \tag{2}$$

У сукупності операційні властивості, представлені залежностями (1) та (2), характеризують якість операції, що проводиться, та породжують комплексну властивість направлено до цілі процесу, що досліджується – *ефективність*, що властиве тільки операції.

Нагадаємо, що ефект (від лат. *effectus*) – це дія, що проводиться будь-чим, результат такої дії (властивість дії давати ефект). Тоді ефективність – це якість (комплексна операційна властивість), що характеризує пристосування процесу функціонування системи тренажних засобів к досягненню цілі операції.

Ціль операції може визначатися по різному. Однак у всіх випадках вона укладається у отриманні потрібних результатів, що формально означає виконання умови

$$Y_{(3)} \in \{Y_{(3)}^0\}, \tag{3}$$

де $\{Y_{(3)}^0\} = \{\langle y, z_0, \tau_0 \rangle\}$ – область допустимих значень показника якості результатів $Y_{(3)}$.

Вираз (3) являє собою критерій придатності результатів операції, математичне формулювання цілі операції, задачі системи тренажних засобів. При цьому, у відповідності з визначенням, критерій розуміється мірило (але не міра), признак відмінності оцінки, судження. Оскільки оцінювання ефективності тренажних засобів та систем проводиться в умовах принципової невизначеності, то як показник якості результатів $Y\langle 3 \rangle$, так і допустимі значення $Y_{(3)}^{\partial}$ вектору $Y_{(3)}$ виявляються випадковими, а вираз (3) має вид

$$\hat{Y}_{(3)} \hat{f} \{ \hat{Y}_{(3)}^{\partial} \}, \quad (4)$$

Як відомо, всяке оцінювання проводиться у замкнутій схемі, коли результат порівнюється з потрібним значенням. Таким чином, для оцінювання ефективності системи тренажних засобів необхідно до компонент показника якості результатів операції $Y_{(3)}$ пред'явить певні вимоги $Y_{(3)}$. Як правило, на практиці цільовий ефект (x) повинен бути не менше потрібного (мінімально допустимого) значення (y), витрати (z) не вище максимально допустимих (z_{∂}), ціль операції повинна бути досягнута за час τ , який не перевищує максимально допустимого (що мається) значення τ_{∂} .

$$P_{\partial u} = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \Phi_{\hat{Y}_{(3)}}(Y_{(3)}^{\partial}) dF_{\hat{Y}_{(3)}^{\partial}}(Y_{(3)}^{\partial}), \quad (8)$$

де $\Phi_{\hat{Y}_{(3)}}(Y_{(3)}) = P[(\hat{z} \leq z) \cap (\hat{\tau} \leq \tau) \cap (\hat{x} \leq x)] = \int_{-\infty}^z \int_{-\infty}^{\tau} \int_x^{+\infty} \phi_{\hat{Y}_{(3)}}(Y_{(3)}) dY_{(3)}$ – інтегральний закон розподілу вектора $Y_{(3)}$;

$F_{\hat{Y}_{(3)}^{\partial}}(Y_{(3)}^{\partial}) = P[(\hat{z}_{\partial} \leq z) \cap (\hat{\tau}_{\partial} \leq \tau) \cap (\hat{y} \leq y)] = \int_{-\infty}^z \int_{-\infty}^{\tau} \int_y^{+\infty} \phi_{\hat{Y}_{(3)}^{\partial}}(Y_{(3)}^{\partial}) dY_{(3)}^{\partial}$ – функція розподілу вектора $Y_{(3)}^{\partial}$.

З наведеного вище слідує, що оцінювання ефективності операції повинно проводитися на двох рівнях та реалізовуватися у два етапи.

На першому етапі проводиться оцінювання якості результатів операції:

- визначається показник якості результатів операції – вектор $Y_{(3)}$ показників x, z, τ його часткових результатів (ефектів);

- визначаються вимоги до якості результатів операції – область $\{Y_{(3)}^{\partial}\}$ допустимих значень $\hat{y}, \hat{z}_{\partial}, \hat{\tau}_{\partial}$ показників $\hat{x}, \hat{z}, \hat{\tau}$ якості її результатів;

- формулюється критерій оцінювання якості результатів операції у відповідності з формулою (4).

На другому етапі проводиться оцінювання ефективності операції:

- визначається імовірність досягнення цілі – показник ефективності операції;

- визначаються вимоги к ефективності операції – потрібне (мінімально допустиме), оптимальне (максимальне) значення $P_{\partial u}^{TP}, P_{\partial u}^{OPT}$ / імовірність $P_{\partial u}$ досягнення цілі операції;

- формулюється й реалізується один з обраних критеріїв оцінювання ефективності операції $P_{\partial u} \geq P_{\partial u}^{TP} (P_{\partial u}^{opt})$.

Обґрунтування системи показників якості тренажних систем. Для рішення поставленої задачі були використані результати формалізації системи бойової підготовки [1]. Приведена таблиця систем рівнянь описує

У цьому випадку критерій придатності результатів операції (4) матиме вигляд

$$\hat{Y}_{(3)} \in \{ \hat{Y}_{(3)}^{\partial} \} = \{ \hat{Y}_{(3)} \geq \hat{Y}_{(3)}^{\partial} \} = [(\hat{x} \geq \hat{y}) \cap (\hat{z} \leq z_{\partial}) \cap (\hat{\tau} \leq \tau_{\partial})]. \quad (5)$$

Оскільки вираз (5) є випадковим, то по ньому судити про ефективність операції, що реалізується системою тренажних засобів, неможливо. Тому необхідне імовірне формулювання задачі, у відповідності з якою по (5) розраховується показник ефективності процесу дослідження – імовірність досягнення цілі операції (виконання задачі системою тренажерних засобів).

$$P_{\partial u} = P(\hat{Y}_{(3)} \in \{ \hat{Y}_{(3)}^{\partial} \}). \quad (6)$$

З урахуванням (5) вираз (6) можливо представити у вигляді

$$P_{\partial u} = P[(\hat{x} \geq \hat{y}) \cap (\hat{z} \leq z_{\partial}) \cap (\hat{\tau} \leq \tau_{\partial})]. \quad (7)$$

Для розрахунку показника $P_{\partial u}$ ефективності операції повинні бути задані закони розподілу:

$$\phi_{\hat{Y}_{(3)}}(\hat{Y}_{(3)}) \text{ – для вектора } \hat{Y}_{(3)};$$

$$\text{и } \phi_{\hat{Y}_{(3)}^{\partial}}(\hat{Y}_{(3)}^{\partial}) \text{ – для вектора } \hat{Y}_{(3)}^{\partial}.$$

Якщо закони розподілу відомі, то по формулі повної імовірності (в інтегральній формі) можливо визначити імовірність досягнення цілі операції

характер зміння значень чисельності показників якості діяльності підрозділів $\{\phi_i\}$ при використанні чисельності засобів підготовки D в процесі бойової підготовки.

Однак, стверджувати про значення змінних $\{\phi_i\}$ проте, наскільки функціонування системи тренажних засобів (засобів підготовки) забезпечує досягнення цілей системи бойової підготовки незручно, тому, що ці цілі можуть виражатися через $\{\phi_i\}$ достатньо складним образом. Через те, поряд зі змінними стану уводяться до розгляду вихідні змінні $\{\Xi\}$, які виражають цілі функціонування системи підготовки у явному вигляді.

Ціллю функціонування систем підготовки підрозділів спеціального призначення є досягнення (підтримка) певного рівня навчання особового складу, тому вихідна змінна Ξ повинна враховувати цей рівень.

Рівень навчання, що досягається, j -го фахівця характеризує вихідна змінна

$$Y_j = F_1(\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_k), \quad (9)$$

де k – кількість показників, які характеризують якість діяльності j -го фахівця.

Рівень навченості підрозділу характеризуватиме величина, яка залежить від рівня підготовки особового складу

$$Y_n = Y_2(Y_1, Y_2, \dots, Y_k), \quad (10)$$

де n – кількість фахівців, які входять у підрозділ.

Рівень навченості підрозділу визначається матрицею

$$Y_n^* = F_3[\phi_{jk}]; j: 1, \bar{M}; k: 1, \bar{N}, \quad (11)$$

де N – число показників якості діяльності всіх бойових груп, що входять у склад підрозділу спеціального призначення.

У процесі функціонування системи бойової підготовки змінюється рівень навченості особового складу підрозділу, тому з урахуванням виразу (11) цей процес можна представити наступним чином

$$\dot{Y}_n^* = F_3[\Phi(t), D(t)], \quad (12)$$

де $\Phi(t)$ – функція зміни стану об'єкта управління (рівня навчання підрозділу); $D(t)$ – алгоритм управління.

Оскільки змінні $\Phi(t)$ й $D(t)$, які входять у рівняння (12) є багатомірними, то само рівняння є векторним. Положення ускладнюється ще й тим, що у загальному випадку $Y_n^*(t)$ є нелінійною функцією.

Конкретний її вигляд визначається цільовим призначенням системи бойової підготовки, у який функціонують тренажні засоби та системи, що оцінюються.

Показник (12) дає інформацію тільки о поточному значенні показників якості діяльності фахівців, що навчаються й може бути використаний при оцінюванні ефективності тренажерних засобів та систем у навчальних закладах, навчальних центрах, спеціальних школах у момент часу $t = t_k$ (t_k – кінець періоду навчання).

Для оцінки ефективності тренажних засобів та систем, що функціонують у системах бойової підготовки підрозділів спеціального призначення, які характеризуються постійною готовністю, необхідно враховувати значення показників діяльності особового складу протягом всього періоду навчання. Проте, якщо розглядати у якості показників часові характеристики підрозділів, то можливо представити багаточисельність їх нормативних значень як чисельність значень, що забезпечують виконання бойових задач з ефективністю не нижче заданої (ϕ_{iTM}).

Тоді співвідношення $\phi_i \subseteq \phi_{TM}, \forall \phi_i \in \Phi$ буде умовою, що визначає ефективну підчисельність всієї чисельності значень показників якості діяльності особового складу, а відношення інтервалу часу, упродовж якого ця умова виконується, к довжині всього періоду навчання може слугувати мірою ефективності функціонування системи тренажних засобів у процесі бойової підготовки підрозділів спеціального призначення постійної готовності, таким чином їх ефективність можливо оцінювати за допомогою критерію виду

$$Y_n = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_k} q_s[\Phi(t), D(t)] dt, \quad (13)$$

де $q_s = \begin{cases} 1, & \phi_{is} \in \Phi, \phi_{is} \leq \phi_{iTP} \\ 0, & \phi_{is} \in \Phi, \phi_{is} > \phi_{iTP} \end{cases}$; ϕ_{is} – значення i -го показника якості діяльності у момент часу t_s , $t_s \in [t_0, t_k]$;

$s = 1, \bar{S}; S = \frac{t_k - t_0}{\Delta t}$; ϕ_{iTP} – нормативне значення i -го показника якості діяльності підрозділів.

Використання Бульової функції g_s у формулі (13) дозволяє провести згортку всієї чисельності показників якості діяльності особового складу $\{\phi_i\}$ в один узагальнений показник, який характеризує ступень досягнення навчання фахівців потрібного рівня.

При $S \rightarrow \infty (\Delta t \rightarrow 0)$ та коректно обраних нормативах – значення показника ефективності буде прямувати до імовірності того, що у будь-який момент часу періоду навчання фахівці підрозділів особливого призначення забезпечать виконання бойових задач з ефективністю не нижче заданої. Тоді, у якості критерію ефективності систем тренажних засобів, які функціонують у системі бойової підготовки підрозділів спеціального призначення постійної готовності, може використовуватися імовірність виконання особовим складом бойових задач у будь який момент періоду навчання.

Оцінка ефективності окремих тренажних заходів та їх сукупностей може проводитися з використанням критерію різниці

$$\Delta Y_n = Y_{n1} - Y_{n2} \quad (14)$$

де Y_{n1}, Y_{n2} – значення критерію ефективності системи тренажних засобів (13) з включенням до неї тренажного засобу, що оцінюється, та без нього.

Показники виду (13) и (14) відповідають вимогам, які пред'являються до критеріїв ефективності тренажних засобів та систем.

Висновки. Таким чином, для оцінювання ефективності існуючих тренажерів й засобів, що розроблюються, а також їх систем, доцільно використовувати показники, що ґрунтуються на зіставленні рівня, що досягається, навчання підрозділів, з потрібним рівнем. Цій потребі відповідають запропоновані показники ефективності тренажних засобів та систем, які функціонують у різних системах бойової підготовки фахівців підрозділів спеціального призначення:

- для підрозділів постійної готовності – імовірність того, що у будь-який момент періоду навчання значення показників якості діяльності особового складу будуть не гірше нормативних;

- для підрозділів скороченого складу – математичне очікування часу досягнення потрібних нормативних значень показників якості діяльності фахівців;

- у спеціальних школах та навчальних центрах – співвідношення математичного очікування значень показників якості діяльності на момент закінчення періоду навчання з їх нормативними значеннями.

Вочевидь, для оцінювання ефективності варіантів побудови й використання тренажних засобів та систем по розробленим критеріям необхідно мати методичний апарат апріорного визначення показників якості діяльності підрозділів спеціального призначення у будь-який момент процесу їх підготовки. Вирішення цієї задачі можливо шляхом розробки математичної моделі процесу функціонування системи підготовки фахівців відповідних напрямків.

1. Гунченко Ю.О. Аналіз існуючих показників ефективності тренажних систем для фахівців підрозділів постійної готовності // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К., 2012. – № 35. – С.158-161. 2. Основы военной психологии и педагогики / Под ред. А.В. Барабанщикова и Н.Ф. Феденко. – М.: Воениздат, 1981. – 366 с. 3. Введение в эргономику / Г.М. Зараковский, Б.А. Королев, В.И. Медведев, П.Я. Шлаен; Под ред. В.П. Зинченко. – М.: Сов. радио, 1974. – 352с. 4. Герасимов Б.М., Бобунов А.И., Кондратенко С.О. Распознавание нештатных ситуаций на борту космических аппаратов // Сб. научн. тр. КВИУС. – 2000. – № 3. – С. 41-45.