УДК 623-91/-94

О. В. БОРОВИК, *доктор технічних наук, професор, начальник кафедри загальнонаукових та інженерних дисциплін Національної академії Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький*

М. М. ДАРМОРОЗ, *старший викладач кафедри інженерно-технічного забезпечення охорони державного кордону Національної академії Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького, м. Хмельницький*

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСТАТНЬОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОХОРОНИ КОРДОНУ ЯК СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

У роботі проаналізовано існуючі підходи до оцінки ефективності систем експлуатації складних технічних систем, виявлено ключові позиції, які є базовими для врахування для об'єктивної оцінки ефективності досліджуваних систем, здійснено постановку задач структурної і функціональної оптимізації параметрів систем експлуатації, запропоновано алгоритм забезпечення достатньої ефективності систем.

***Ключові слова**: складна технічна система, система експлуатації, ефективність, структурна оптимізація, функціональна оптимізація.*

© Боровик О. В., Дармороз М. М.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Теоретичні та експериментальні дослідження технічних засобів охорони кордону (ТЗОК) і питань удосконалення систем експлуатації (СЕ) ТЗОК на основі використання нових принципів або технічних рішень є актуальними, оскільки вказана складова є достатньо вагомою в системі забезпечення ефективності охорони державного кордону (ДК), загалом. Саме тому подібним питанням приділялася значна увага в ряді наукових праць, зокрема [1–4]. Однак сформульована проблематика є ще не до кінця вирішеною. І на думку авторів це пов'язано з тим, що структурна та функціональна компоненти СЕ ТЗОК розглядалися відокремлено одна від одної.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та на які опирається автор. Слід зазначити, що ідея дослідження СЕ технічних систем на основі інтегрального врахування структурної і функціональної компонент не є новою. Так, у роботі [5] СЕ радіолокаційної техніки (РЛТ) Прикордонних військ України (ПВУ) досліджувалася як двошарова структура, елементами якої були об'єкт експлуатації (РЛС) та режими його експлуатації. На основі застосування теорії множин автору роботи [5] вдалося формалізувати процес експлуатації РЛТ ПВУ. Здійснений формалізований опис дозволив встановити суть взаємодії елементів двошарової структури та систематизувати процес функціонування РЛС.

Однак у наведеній роботі залишилися поза увагою питання врахування особливостей формалізації процесу експлуатації інших видів ТЗОК (наприклад, систем на сучасній елементній базі) та шляхів забезпечення достатньої ефективності СЕ ТЗОК.

Метою статті є обґрунтування підходів до забезпечення достатньої ефективності системи експлуатації технічних засобів охорони кордону як складних технічних систем.

Виклад основного матеріалу дослідження. У загальному випадку, вважатимемо, що СЕ ТЗОК – це скінченна множина компонентів, зв'язків і відношень між ними, виокремлена з середовища відповідно до певної мети в межах визначеного часового інтервалу.

З позиції структурного аспекту СЕ ТЗОК S – це скінченна множина компонентів E_i $\left(i=\overline{1,n}\right)$ (рис. 1), які взаємопов'язані, взаємодіють і характеристична вага кожного з яких у загальному випадку різна.

З позиції функціонального аспекту СЕ ТЗОК S характеризується послідовністю можливих станів S_l $\left(l=\overline{1,q}\right)$ (рис. 2), які можна перерахувати один за іншим, а саме функціонування полягає в тому, що у деякі моменти часу система S стрибком переходить з одного стану в інший.

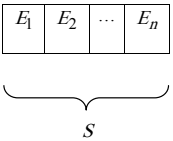

Рис. 1. СЕ ТЗОК – структурний аспект

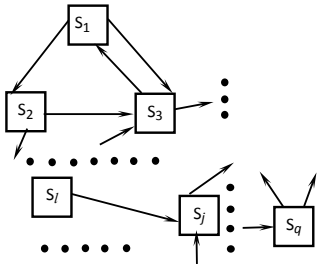

Рис. 2. СЕ ТЗОК – функціональний аспект

З урахуванням цього, задача забезпечення достатньої ефективності СЕ ТЗОК може розглядатися в двох площинах – у площині підвищення ефективності СЕ ТЗОК за рахунок удосконалення структурної компоненти та в площині вдосконалення функціонального аспекту.

Для досягнення мети роботи вбачається за доцільне:

проаналізувати існуючі підходи до оцінки ефективності СЕ ТЗОК;

виявити ключові позиції, які є базовими для врахування об'єктивної оцінки ефективності СЕ ТЗОК, та з їх урахуванням опрацювати відповідний методичний підхід;

здійснити постановку задачі структурної оптимізації параметрів СЕ ТЗОК;

здійснити постановку задачі функціональної оптимізації параметрів СЕ ТЗОК;

запропонувати алгоритм забезпечення достатньої ефективності СЕ ТЗОК.

Аналіз існуючих підходів до оцінки ефективності СЕ ТЗОК

Під ефективністю будь-якої складної системи розуміється ступінь її придатності до виконання заданої цільової функції у конкретних умовах функціонування. У загальному випадку ефективність є узагальненою функцією, що залежить від різних параметрів (часових, надійнісних, вартісних тощо), до яких висуваються певні вимоги. Складність таких функцій часто призводить до того, що їх апроксимують або замінюють на більш прості. При цьому оцінка ефективності систем здійснюється за найбільш важливими частковими показниками. Однак використання окремих часткових показників для оцінки ефективності системи в ряді випадків буває недостатньо, оскільки оптимальність системи по одному з показників не визначає оптимальності системи загалом в силу складного взаємозв'язку і навіть суперечливості окремих показників. Складність завдання зростає за необхідності порівняння варіантів складних систем, що включають ряд показників ефективності. Проблема при цьому полягає в необхідності попереднього вибору критерію порівняння і його кількісної оцінки з використанням відповідних методів [6]. У зв'язку з цим, у сучасних умовах при створенні складних систем важливим завданням є оцінка ефективності систем не тільки на підставі аналізу часткових, а й інтегральних показників ефективності.

Аналіз літератури, що стосується питань оцінки ефективності складних технічних систем, зокрема робіт [6–10], дозволив зробити висновок про те, що найбільш прийнятним підходом з точки зору зручності і наочності до оцінювання ефективності або порівняння з низки показників ефективності, є підхід, що базується на використанні деякої узагальненої відносної характеристики ефективності, що не вимагає використання методів кількісної оцінки окремих показників і в той же час дозволяє судити про ефективність систем при всіх алгоритмах їх функціонування. Такому підходу найбільш відповідає застосування графоаналітичних діаграм інтерпретації

часткових та інтегральних показників ефективності систем. Однак висновки з досвіду використання такого підходу при аналізі прикладних задач, що досліджувались авторами, а також використання експертних методів оцінки ефективності систем дозволили авторам зробити припущення про обмежені можливості графоаналітичних діаграм для достовірної оцінки ефективності систем.

Виявлення ключових позицій, які є базовими для врахування об'єктивної оцінки ефективності СЕ ТЗОК

З урахуванням специфіки СЕ ТЗОК, будемо вважати, що ефективність її окремих елементів є змінною в процесі використання (факт підтверджується досвідом). Для об'єктивної оцінки ефективності СЕ ТЗОК вбачається за доцільне формалізувати процедуру врахування змінності параметрів ефективності окремих елементів СЕ ТЗОК. При цьому слід враховувати, що до збільшення ефективності СЕ ТЗОК може призводити в одному випадку збільшення, а в іншому випадку зменшення значень деякого показника, що визначає ТТХ. Також слід враховувати і той факт, що часткові показники ефективності є неоднорідними, тобто їх вага може бути різною. Ці моменти є одними з ключових, які необхідно враховувати для об'єктивної оцінки ефективності СЕ ТЗОК.

Для опрацювання відповідної методики, яка б дозволяла здійснювати оцінку ефективності, а також встановлення пріоритетності окремих СЕ ТЗОК, вважається за доцільне прийняти за основу методичний підхід, що наведений у [11]. Згідно з цим підходом оцінку узагальненого показника ефективності СЕ ТЗОК доцільно проводити за формулою

$$P_k = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_{ik}^{(n)}}{n}, \qquad (1)$$

де $X_{ik}^{(n)}$ – нормоване значення i-ї характеристики k-го варіанту СЕ ТЗОК $\left(i = \overline{1,n}, k = \overline{1,m}\right)$; n – кількість визначальних характеристик, кожна з яких

є домінуючою для окремого елемента СЕ ТЗОК; m – кількість СЕ ТЗОК, які аналізуються.

Урахування того, що збільшення i-ї характеристики k-го варіанта СЕ ТЗОК X_{ik} має призводити до збільшення нормованого значення $X_{ik}^{(n)}$ у випадку перспективи, пов'язаної зі збільшенням значення X_{ik}, обумовлює доцільність розрахунку нормованих значень $X_{ik}^{(n)}$ за такою формулою

$$X_{ik}^{(n)} = \frac{X_{ik}}{X_{ik}^{\max}}, \qquad (2)$$

де $X_{ik}^{\max}$ – максимальне значення i-ї характеристики k-го варіанта СЕ ТЗОК.

Урахування ж того, що зменшення i-ї характеристики k-го варіанта СЕ ТЗОК X_{ik} має приводити до збільшення нормованого значення $X_{ik}^{(n)}$ у випадку перспективи, пов'язаної зі зменшенням значення X_{ik}, обумовлює доцільність розрахунку нормованих значень $X_{ik}^{(n)}$ за такою формулою

$$X_{ik}^{(n)} = \frac{X_{ik}^{\min}}{X_{ik}}, \qquad (3)$$

де $X_{ik}^{\min}$ – мінімальне значення i-ї характеристики k-го варіанта СЕ ТЗОК.

Формули (2), (3) дозволяють проводити оцінку нормованих значень $X_{ik}^{(n)}$, як у випадку врахування тенденцій щодо збільшення-зменшення значень X_{ik} на етапі проектування СЕ ТЗОК, так і в процесі їх використання.

Окремо слід зазначити, що СЕ ТЗОК можуть мати якісні параметри, які вказують на наявність або відсутність деяких властивостей в СЕ ТЗОК. Для встановлення величини $X_{ik}^{(n)}$ у цьому випадку можна застосовувати формулу

$$X_{ik}^{(n)} = \begin{cases} 0, \text{ якщо } X_{ik} = 0, \text{ а } X_{ik}^{(n)} \text{ збільшується при збільшенні } X_{ik}, \\ \text{або коли } X_{ik} = 1, \text{ а } X_{ik}^{(n)} \text{ збільшується при зменшенні } X_{ik}; \\ 1, \text{ якщо } X_{ik} = 0, \text{ а } X_{ik}^{(n)} \text{ збільшується при зменшенні } X_{ik}, \\ \text{або коли } X_{ik} = 1, \text{ а } X_{ik}^{(n)} \text{ збільшується при збільшенні } X_{ik}. \end{cases} \qquad (4)$$

Урахування того факту, що часткові показники ефективності є неоднорідними, можна здійснити за рахунок введення вагових коефіцієнтів i-х характеристик. Для цього слід встановити, наприклад експертно, вагові коефіцієнти α_i кожної i-ї характеристики та для розрахунку узагальненого показника ефективності СЕ ТЗОК скористатися формулою

$$P_k = \sum_{i=1}^{n} a_i X_{ik}^{(n)} . \qquad (5)$$

Знання показника ефективності СЕ ТЗОК дозволяє здійснювати вибір варіанта з числа можливих альтернатив.

Особливість застосування формули (5) полягає в тому, що вагові коефіцієнти α_i можуть бути не сталими для СЕ ТЗОК. А отже, для забезпечення адекватності результатів на основі використання формули (5) вбачається за доцільне застосовувати експертні системи, які повинні бути адаптованими на розв'язування прикладних задач стосовно СЕ ТЗОК.

Таким чином, наведені формули дозволяють визначати початковий найбільш раціональний варіант k^* СЕ ТЗОК через структурно-функціональну призму. Для цього достатньо для кожного k-го варіанта СЕ ТЗОК здійснити розрахунки за формулою (5) з урахуванням можливої змінності вагових коефіцієнтів α_i та за ознакою $\bar{P}_{k^*} = \max\left\{\bar{P}_1, \bar{P}_2, ..., \bar{P}_m\right\}$ здійснити вибір необхідної СЕ ТЗОК.

Шлях підвищення ефективності СЕ ТЗОК за рахунок удосконалення структурної компоненти

За результатами оцінки показників ефективності СЕ ТЗОК на основі (5) та вибору найбільш раціонального варіанта СЕ ТЗОК може мати місце випадок, коли показник ефективності обраної СЕ ТЗОК не задовольнятиме заданому рівню, тобто коли нерівність $\bar{P}_{k^*} \geq P_{gr}$ не виконуватиметься. Тому природно виникає питання про можливість удосконалення СЕ ТЗОК. Його дослідження з позиції корегування структурної компоненти безпосередньо пов'язане з методами параметричного синтезу.

Параметричний синтез полягає у відшуканні значень параметрів компонентів при заданій структурі й умовах працездатності. Якщо скористатися геометричними аналогіями, то задачу параметричного синтезу можна сформулювати як задачу пошуку в n-мірному просторі внутрішніх параметрів такої точки (набору з n значень параметрів), для якої або просто виконуються умови працездатності, або виконуються найкраще.

У першому випадку потрібно, щоб розв'язок задачі параметричного синтезу належав деякій замкнутій і обмеженій області простору внутрішніх параметрів, для кожної точки якої виконуються умови дієздатності. У другому випадку розв'язок являє собою точку простору, найкращу за ознакою оптимальності, яка формалізує поняття найкращого виконання умов дієздатності.

Якщо розроблена математична модель СЕ ТЗОК, то за постановкою та методами розв'язку, задача параметричного синтезу в першому випадку, як правило, зводиться, а в другому випадку, як правило, є задачею оптимізації.

З математичної точки зору постановка задачі параметричного синтезу може бути здійснена так.

Нехай точки A_j мають координати $x_1^{(j)}, x_2^{(j)}, ..., x_n^{(j)}$. І нехай значення деякої цільової функції системи $f\left(x_1, x_2, ..., x_n\right)$ в них рівне $f^j = f\left(A_j\right) = f\left(x_1^{(j)}, x_2^{(j)}, ..., x_n^{(j)}\right)$. Координати $x_1^{(j)}, x_2^{(j)}, ..., x_n^{(j)}$ вважаються при цьому функціями деякого аргумента, наприклад вартості:

$$x_1^{(j)} = f_1\left(c_1^{(j)}\right); x_2^{(j)} = f_2\left(c_2^{(j)}\right); ..., x_n^{(j)} = f_n\left(c_n^{(j)}\right). \qquad (6)$$

З урахуванням незалежності функцій (6) необхідно встановити координати $x_1^{(j)}, x_2^{(j)}, ..., x_n^{(j)}$ такої точки A_j, значення функції f^j в якій рівне потрібному значенню $f^*\left(x_1, x_2, ..., x_n\right)$, а витрати на реалізацію цього значення є мінімальними, тобто рівні $\min \sum_{i=1}^{n} c_i^{(j)}$.

Наведена задача може бути "поставлена" для розв'язування оптимізаційної задачі параметричного синтезу довільних СЕ ТЗОК.

Слід лише враховувати, що як інтегральний показник ефективності системи на етапі структурного синтезу необхідно приймати функцію $f\left(x_1, x_2, ..., x_n\right)$, а як визначальні характеристик, кожна з яких є домінуючою для окремого елемента СЕ ТЗОК слід приймати координати $\left(x_1, x_2, ..., x_n\right)$.

Таким чином, розв'язання наведеної задачі може дозволити визначити найбільш раціональний варіант ks^* СЕ ТЗОК за результатами структурної оптимізації. Для цього достатньо застосувати відповідний алгоритм до кожного k-го варіанта СЕ ТЗОК та за ознакою $\bar{P}_{ks^*} = \max\left\{\bar{P}_{1s}, \bar{P}_{2s}, ..., \bar{P}_{ms}\right\}$ здійснити вибір необхідної СЕ ТЗОК.

Шлях підвищення ефективності СЕ ТЗОК за рахунок удосконалення функціональної компоненти

Реалізація шляху підвищення ефективності СЕ ТЗОК за рахунок удосконалення функціональної складової може бути пов'язана з розв'язуванням такої задачі.

Нехай у деякій СЕ ТЗОК S протікає марковський випадковий процес з дискретними станами та неперервним (дискретним або комбінованим) часом. Нижче зафіксована постановка задачі лише для неперервного часу.

Можливі дискретні стани СЕ ТЗОК S: $S_1, S_2, \ldots, S_q$.

Перехід СЕ ТЗОК S із стану в стан може здійснюватись у довільний момент часу.

Варіант графу станів СЕ ТЗОК S може бути оцінений з рис. 2.

Відомими є густини ймовірностей переходу λ_{ij} для всіх пар станів S_i, S_j ($\lambda_{ij} = const$).

Варіант розміченого графу станів СЕ ТЗОК S наведений на рис. 3.

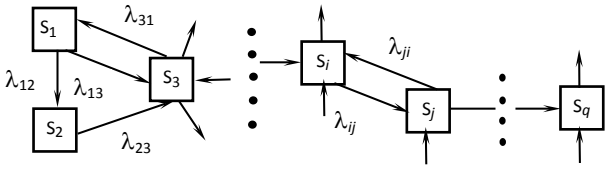

Рис. 3

Для відшукання ймовірностей $p_i(t)$ того, що в момент t СЕ ТЗОК S буде знаходитись у стані $S_l(i=\overline{1,q})$, застосовується система диференціальних рівнянь Колмогорова.

Нехай $Q_1, Q_2, \ldots, Q_q$ – ефективність СЕ ТЗОК в станах $S_1, S_2, \ldots, S_q$, відповідно. Ефективність СЕ ТЗОК S у випадку наявності фінальних ймовірностей станів рівна

$$Q = p_1 Q_1 + p_2 Q_2 + \ldots + p_q Q_q . \qquad (7)$$

Необхідно знайти такі значення λ_{ij} у заданих діапазонах $\lambda_{ij} \in \left[\lambda_{ij}^{(0)}; \lambda_{ij}^{(k)}\right]$, при яких $Q \geq Q_0$, де Q_0 – заданий рівень ефективності СЕ ТЗОК S, або відшукати мінімальну кількість таких дуг між парами станів S_i, S_j та густини λ_{ij}, які б забезпечували ефективність СЕ ТЗОК $Q \geq Q_0$. Крім цього, актуальною є вказана задача у випадку, коли $\lambda_{ij} \neq const$.

Розв'язання наведеної задачі може дозволити визначити найбільш раціональний варіант kf^* СЕ ТЗОК за результатами функціональної оптимізації. Для цього достатньо застосувати відповідний алгоритм до кожного k-го варіанта СЕ ТЗОК та за ознакою $\overline{P}_{kf^*} = \max\left\{\overline{P}_{1f}, \overline{P}_{2f}, ..., \overline{P}_{mf}\right\}$ здійснити вибір необхідної СЕ ТЗОК.

Алгоритм забезпечення достатньої ефективності СЕ ТЗОК

Наведене вище дозволяє запропонувати алгоритм забезпечення достатньої ефективності СЕ ТЗОК на основі удосконалення структурної і функціональної компонент досліджуваної системи.

В алгоритмі використані такі позначення:

m – кількість варіантів СЕ ТЗОК, які аналізуються;

n – кількість елементів СЕ ТЗОК;

X_{ik} – i-та характеристика k-го варіанта СЕ ТЗОК (головний показник ефективності елемента E_i);

q – кількість можливих станів S_l СЕ ТЗОК;

Q_l – ефективність СЕ ТЗОК в стані S_l;

λ_{ij} – густини ймовірностей переходу СЕ ТЗОК зі стану S_i в стан S_j;

p_{ij} – перехідні ймовірності СЕ ТЗОК зі стану S_i в стан S_j;

P_{gr} – мінімально можливий рівень ефективності СЕ ТЗОК;

W_k – вартість k-го варіанта СЕ ТЗОК;

$\tilde{W}_k$ – вартість k-го варіанта СЕ ТЗОК за результатами його структурної оптимізації;

$\acute{W}_k$ – вартість k-го варіанта СЕ ТЗОК за результатами його функціональної оптимізації;

$\tilde{P}_k$ – ефективність k-го варіанта СЕ ТЗОК за результатами його структурної оптимізації;

$\widehat{P}_k$ – ефективність k-го варіанта СЕ ТЗОК за результатами його функціональної оптимізації.

Алгоритм забезпечення достатньої ефективності СЕ ТЗОК з урахуванням структурної і функціональної складових вбачається авторам таким, як наведено на рис. 4.

В алгоритмі прийнято:

$$\bar{P}_k = \begin{cases} P_k, \text{ якщо оцінка проводиться за критерієм "ефект"} \\ \text{(без урахування вартісних затрат)}, \\ \dfrac{P_k}{W_k}, \text{ якщо оцінка проводиться за критерієм "ефект - затрати"} \\ \text{(з урахуванням вартісних затрат)}, \end{cases}$$

$$\bar{P}_{ks} = \begin{cases} \tilde{P}_k, \text{ якщо оцінка проводиться за критерієм "ефект"} \\ \text{(без урахування вартісних затрат)}, \\ \dfrac{\tilde{P}_k}{\tilde{W}_k}, \text{ якщо оцінка проводиться за критерієм "ефект - затрати"} \\ \text{(з урахуванням вартісних затрат)}, \end{cases}$$

$$\bar{P}_{kf} = \begin{cases} \widehat{P}_k, \text{ якщо оцінка проводиться за критерієм "ефект"} \\ \text{(без урахування вартісних затрат)}, \\ \dfrac{\widehat{P}_k}{W_k} \text{ якщо оцінка проводиться за критерієм "ефект - затрати"} \\ \text{(з урахуванням вартісних затрат)}, \end{cases}$$

Наведені припущення означають, що як критерій оптимізації характеристик СЕ ТЗОК може виступати критерій “ефект”, або “ефект-затрати” залежно від постановки задачі: у випадку значної переваги показника ефекту в порівнянні з показником затрат слід приймати перший критерій, а в іншому випадку – другий.

Слід зазначити, що при застосуванні алгоритму для розв’язування досліджуваної задачі можна враховувати обмеження на величину затрат для структурної або функціональної оптимізації, які можуть мати місце.

Також слід зазначити, що питання відшукання величин $\tilde{W}_k$ і $\widehat{W_k}$ у загальному випадку являє окремий інтерес.

Отже, структурно-функціональна оптимізація СЕ ТЗОК дозволяє встановити найбільш раціональні варіанти ks^* і kf^* СЕ ТЗОК. Реалізація кожного із них передбачає вартісні затрати. Вибір раціонального варіанта ko^* СЕ ТЗОК може бути здійснений за ознакою $\bar{P}_{ko^*} = \max\left\{\bar{P}_{ks^*}, \bar{P}_{kf^*}\right\}$.

Подальша оцінка та порівняння ефективності $\bar{P}_k$ для варіанта ko^* СЕ ТЗОК з мінімально достатнім рівнем ефективності P_{gr} дозволяє або констатувати необхідність пошуку інших шляхів забезпечення достатньої ефективності СЕ ТЗОК, або перейти до техніко-технологічної реалізації варіанта k_0^* СЕ ТЗОК.

Висновки. Таким чином, за результатами проведеного дослідження авторами обґрунтовано підходи до забезпечення достатньої ефективності СЕ ТЗОК, які базуються на оптимізації структурної і функціональної компонент.

Перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Напрямками подальших досліджень авторам вбачається програмна реалізація методичного підходу щодо оцінки ефективності СЕ ТЗОК та розв’язування задач структурної і функціональної оптимізації досліджуваної системи.

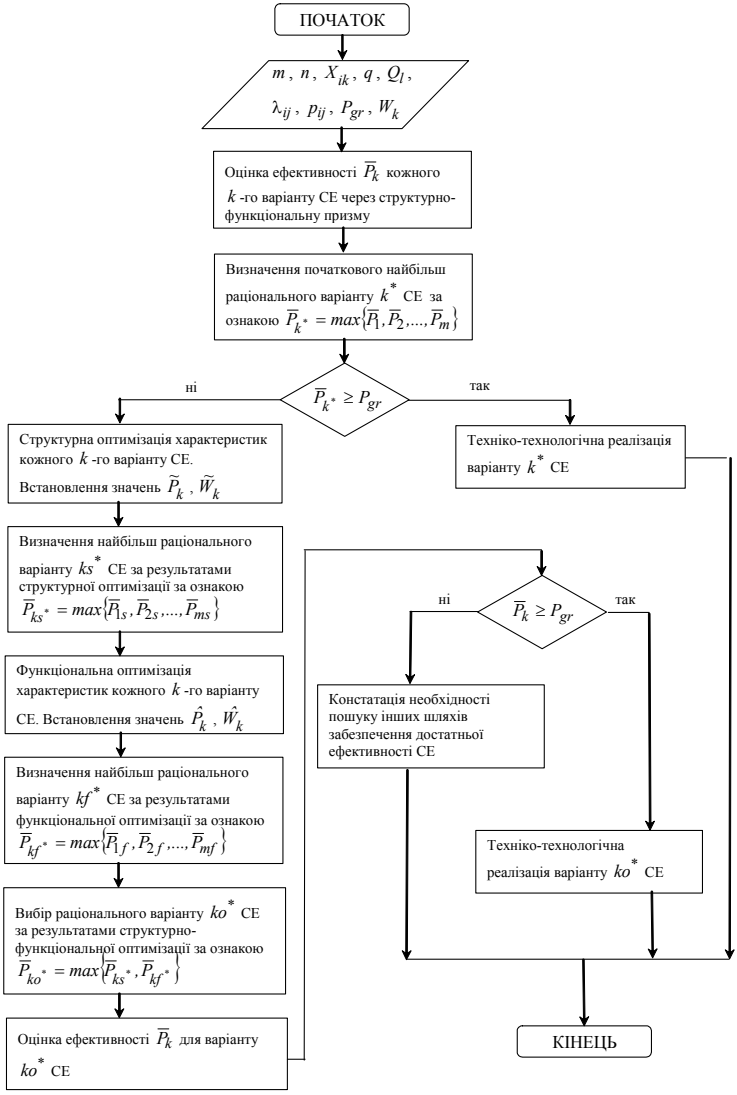

Рис. 4. Алгоритм забезпечення достатньої ефективності СЕ ТЗОК з урахуванням структурної і функціональної склдаових

Список використаної літератури

1. Шарий В. І. Безпека "складної" системи на ґрунті системного підходу / В. І. Шарий, А. І. Невольніченко, С. П. Гришин// Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Вип. № 35. – К. : ВІКНУ, 2012. – С. 191–196.

2. Шинкарук О. М. Визначення впливу випадкових модуляційних складових імпульсних радіолокаційних сигналів на ступінь їх розрізнення / О. М. Шинкарук, І. І. Чесановський, А. В. Іванов // Збірник наукових праць № 59. Серія: Військові та технічні науки. – Хмельницький : Вид. НАДПСУ, 2013. – С. 302–311.

3. Купрієнко Д. А. Визначення напрямків покращення систем та комплексів охорони кордону (на прикладі мобільного тепловізійного комплексу виробництва компанії Garl zeiss optronics GMBH") / Д. А. Купрієнко, В. А. Собченко, А. М. Півень // Збірник наукових праць № 58. Серія: Військові та технічні науки. – Хмельницький : Вид. НАДПСУ, 2012. – С. 128-133.

4. Подолян О. Ю. Шляхи підвищення показників паливної економічності та екологічності дизельних двигунів / О. Ю. Подолян // Збірник наукових праць № 58. Серія: Військові та технічні науки. – Хмельницький : Вид. НАДПСУ, 2012. – С. 143–146.

5. Методологические основы оценки и обеспечения долговечности по состоянию радиотехнических средств Пограничных войск Украины : дисс. докт. техн. наук. – Хмельницкий, 2001.

6. Пашкеев С. Д. Машинные методы оптимизации в технике связи / С. Д. Пашкеев, Р. И. Минязов, В. Д. Могилевский. – М. : Связь, 1976 – 272 с.

7. Згуровський М. З. Основи системного аналізу / М. З. Згуровський, Н. Д. Панкратова. – К. : Видавнича група BHV, 2007. – 544 с.

8. Бардаченко В. Ф., Графов Р. П., Королев Ю. В. Графическая интерпретация эффективности сложных систем / В. Ф. Бардаченко, Р. П. Графов, Ю. В. Королев. – К. : Сб. Вычислительная техника и моделирование сложных систем в гражданской авиации. Вып. 3, 1977. – С. 67–72.

9. Боровик О. В., Боровик Л. В. Дослідження операцій в економіці / О. В. Боровик, Л. В. Боровик : навчальний посібник. – К. : Центр учбової літератури, 2007. – 424 с.

10. Боровик О. В., Барановська С. О. Теорія технічних систем / О. В. Боровик, С. О. Барановська: Навчальний посібник. – Хмельницький: Вид. НАДПСУ, 2006. – 96 с.

11. Бурячок В. Л. Порівняльна оцінка ефективності перспективних зразків озброєння з закордонними аналогами методами математичного моделювання / В. Л. Бурячок, М. О. Марков, С. В. Гончаров // Збірник наукових праць ЦНДІ ОВТ. В. 1 / гол. ред. О. П. Ковтуненко. – К. : Вид-во ЦНДІ ОВТ ЗСУ, 1998. – С. 14–22.

Стаття надійшла до редакції 17.04.2014.

Боровик О. В., Дармороз М. М. **Современные подходы к обеспечению эффективности систем эксплуатации технических средств охраны границы как сложных технических систем**

В работе произведен анализ существующих подходов к оценке эффективности систем эксплуатации сложных технических систем, определены ключевые позиции, являющиеся базовыми для учета объективной оценки эффективности исследуемых систем, сделана постановка задач структурной и функциональной оптимизации параметров систем эксплуатации, предложен алгоритм обеспечения достаточной эффективности систем.

Ключевые слова: *сложная техническая система, система эксплуатации, эффективность, структурная оптимизация, функциональная оптимизация.*

O. V. Borovik, M. M. Darmoroz **Current approaches to ensure adequate effectiveness of the operation of means of border protection as a complex engineering systems**

Theoretical and experimental studies of technical security of the border and on improving their operating systems through the use of new principles and technical solutions are important as this component is important enough in the system to ensure the effectiveness of state border protection in general. Therefore, considerable attention was given to a similar issue in a numbers of scientific papers. However, despite this, the formulated problems are not yet fully solved. And the authors believe this is due to the fact that structural and functional components of the operation were considered in isolation from each other.

It should be noted that the idea of the study of the operation of technical systems based on an integrated consideration of structural and

functional components is not new. In particular, the system of operation of radar equipment of Border Troops of Ukraine studied as two-ply structure whose elements are the object of exploitation and modes of operation. On the basis of set theory process of operation of radar equipment was formalized. Done formal description revealed the essence of the interaction of elements of two-ply structure and systematize the process of functioning radar. However, questions remain unnoticed Consideration of formalizing the process of operation of other types of means of border protection (eg, systems for modern base) and how to ensure sufficient efficiency of their operation.

That is why the authors of the work paid attention to the study of approaches to ensure adequate effectiveness of the operation of means of border protection as complex technical systems.

The paper analyzes existing approaches to evaluate the effectiveness of the operation of complex technical systems identified key positions that are fundamental to account for the objective evaluation of the effectiveness of the systems , by posing the problem of structural and functional parameters optimization of operation, the algorithm provide sufficient efficiency systems.

Keywords: *complex technical system, operating system, efficiency, structural optimization, functional optimization*.