

УДК 623.463.5.001.57

**С. В. ГЕРАСИМОВ,***доктор технічних наук, старший науковий співробітник,***О. М. БАРАНИК,** *викладач**(Харківський національний університет  
Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, м. Харків)*

## Вибір показників для оцінювання технічного стану авіаційного ракетного озброєння

*Показано, що переведення авіаційного ракетного озброєння на експлуатацію за технічним станом передбачає посилення ролі операцій з вимірювання та контролю його параметрів і характеристик з метою визначення дійсного технічного стану та прийняття обґрунтованих рішень щодо його подальшої експлуатації. Це потребує обґрунтованого вибору показників для оцінювання технічного стану. Запропонована система показників ефективності контролю технічного стану авіаційного ракетного озброєння. Показаний взаємозв'язок цих показників на різних рівнях взаємодії.*

*Ключові слова: авіаційне ракетне озброєння, контроль технічного стану, показники ефективності, достовірність і вартість контролю.*

*Показано, что перевод авиационного ракетного вооружения на эксплуатацию по техническому состоянию предусматривает усиление роли измерения и контроля его параметров и характеристик с целью определения действительного технического состояния и принятия обоснованных решений относительно его дальнейшей эксплуатации. Это требует обоснованного выбора показателей для оценивания технического состояния. Предложена система показателей эффективности контроля технического состояния авиационного ракетного вооружения. Показана взаимосвязь этих показателей на разных уровнях взаимодействия.*

*Ключевые слова: авиационное ракетное вооружение, контроль технического состояния, показатели эффективности, достоверность и стоимость контроля*

Результати аналізу технічного стану авіаційного ракетного озброєння (ракет класів “повітря – поверхня”, “повітря – повітря” і пускового обладнання) показують, що гарантійні терміни його експлуатації вже повністю вичерпано [1]. Основні шляхи підтримання справності авіаційного ракетного озброєння (АРО) визначені в “Концепції підтримання справності та бойового потенціалу авіаційної техніки авіації Повітряних Сил Збройних Сил України на період до 2025 року” [2]:

проведення досліджень і робіт з продовження встановлених показників експлуатації;

переведення АРО на експлуатацію за технічним станом;

відновлення справності (підвищення надійності) АРО та його складових частин шляхом ремонту та контролю-відновних робіт.

Переведення АРО на експлуатацію за технічним станом передбачає посилення ролі операцій з вимірювання та контролю його параметрів і характеристик з метою визначення дійсного технічного стану озброєння та прийняття обґрунтованих рішень щодо його подальшої експлуатації. При цьому ефективність контролю технічного стану АРО істотно впливає як на готовність до застосування авіаційної техніки в цілому, так і на бойові можливості цієї техніки при виконанні поставлених задач.

Підвищення ефективності контролю технічного стану АРО неможливе без його аналізу за певними показниками. Саме отримання кількісних оцінок (показників) ефективності контролю технічного стану АРО є основою удосконалення (оптимального синтезу) технічних засобів і методів проведення такого контролю. За міру ефективності контролю використовують різні часткові та комплексні показники ефективності. Облік при обґрунтуванні показників ефективності контролю всіх найбільш важливих властивостей функціонування АРО є гарантією підвищення достовірності оцінки їхнього технічного стану.

У роботах [3–6] детально описані вимоги, що пред'являються до показників ефективності технічних засобів з вимірювання та контролю параметрів зразків озброєння, проте на практиці всі ці вимоги часто не виконуються [3], оскільки не використовується системний підхід до дослідження ефективності контролю технічного стану озброєння. Наприклад, “механічне” використання показників ефективності системи метрологічного забезпечення [4, 5] для опису контролю технічного стану зразків озброєння дає дуже грубі результати оцінки через те, що не враховуються специфічні особливості як засобів і методів контролю, так і не повно відображаються властивості об'єкта контролю. Спроби описати цільовий ефект контролю технічного стану без врахування особливостей функціонування зразків озброєння, для яких не формалізовані їхні властивості, показниками типу “продуктивність, вартість” приводять до незрозумілої оцінки, що не має фізичного сенсу. Наприклад, засіб контролю А визначає технічний стан 10 зразків АРО за годину при вартості  $C_1$ . При цьому засіб контролю В визначає технічний стан 7 зразків АРО за

годину при вартості  $C_2$ , де  $C_1 > C_2$ . Однак відсутність при такому підході даних про достовірність контролю технічного стану  $D$  і оцінку витрат на невиконання авіаційним засобом бойового завдання через використання несправного АРО  $C_p$  не дозволяє оптимальним чином визначити як засіб контролю, так і метод його проведення. Існуючі показники ефективності контролю технічного стану не надають повної інформації ані про номенклатуру обслуговуваних типів АРО, ані про кількість засобів контролю кожного типу для цього, ані характеризують витрати через помилкові висновки про технічний стан АРО. Таким чином, відсутність узагальненого показника ефективності контролю технічного стану АРО викликає необхідність розробки системи показників ефективності.

**Метою** статті є розробка та обґрунтування системи показників для оцінювання технічного стану авіаційного ракетного озброєння.

Застосування засобів вимірювання та контролю параметрів АРО при контролі його технічного стану є складним процесом, що характеризується множиною властивостей як засобів (включаючи відповідні методи) контролю (обслуговуюча система), так і бойових можливостей самого озброєння, помилки при визначенні технічного стану якого можуть привести до значних збитків (втрат).

При розробці системи показників ефективності пропонується використовувати метод декомпозиції та структуризації загального завдання оцінки ефективності на часткові завдання. Запропоновано чотири рівні декомпозиції загального завдання оцінки ефективності контролю технічного стану АРО.

На 1-му рівні декомпозиції за об'єкт контролю розглядається типаж засобів контролю (їх сукупність) технічного стану АРО. При цьому засоби контролю розглядаються як обслуговуюча система, що складається з чотирьох підсистем: транспортної, вимірювання та контролю параметрів (обслуговування), підготовки до роботи (використання методів контролю), особового складу (кваліфікація, досвід роботи, тарифікація). Стратегією контролю при цьому є оптимальний перелік засобів контролю та час їх прибуття.

На 2-му рівні декомпозиції за об'єкт контролю розглядається типаж АРО, що характеризується номенклатурою типів і кількістю. Засоби контролю розглядаються як багатоканальна система, де канали – це робочі місця. Стратегією контролю при цьому є оптимальний графік контролю технічного стану АРО (надходження зразків на обслуговування, час обслуговування, при необхідності час на ремонтно-відновлювальні роботи).

Для 3-го рівня об'єктом контролю є тип засобу контролю (одиничний зразок), а обслуговуюча система – це робочі еталони і допоміжне обладнання, яке використовується для передачі одиниці фізичної величини від еталона до зразка АРО. Стратегією контролю при цьому є спосіб експлуатації засобу контролю, що виключає у тому числі вплив явних і скритих відом на достовірність контролю технічного стану АРО,

своєчасність обслуговування (визначення метрологічних характеристик засобів контролю),

На 4-му рівні об'єктом контролю є витрати на помилкове визначення технічного стану АРО. Стратегією контролю при цьому є достовірність визначення поточного стану АРО і витрати на утилізацію справного озброєння та на експлуатацію несправного озброєння.

Для структуризації узагальненого показника ефективності контролю технічного стану АРО на часткові за рівнями декомпозиції завдання та часткові показники проведений аналіз відповідності властивостей АРО і засобів контролю рівням декомпозиції завдання та складовим ефективності: результативності, оперативності та економічності.

Застосування засобів і методів контролю при визначенні поточного технічного стану АРО є стохастичним процесом, що характеризується деяким вектором параметрів. Звідси завдання оцінки ефективності застосування визначеної номенклатури засобів контролю для визначення технічного стану типажу АРО є завданням оцінки ефективності за векторним показником в умовах стохастичної невизначеності. При цьому невизначеністю обслуговуючого персоналу можна нехтувати через строгу регламентацію його діяльності керівними і нормативними документами.

Узагальнений показник ефективності контролю технічного стану АРО є комплексним показником, оскільки ефективність застосування засобів контролю як обслуговуючої системи характеризується готовністю АРО до застосування за результатами контролю (цільовий ефект) при понесених часових і економічних витратах (побічні ефекти). Математично узагальнений показник ефективності запишемо так:

$$W = f \left( \left\langle K_r, t_{об}, C_{об}, D_{об}, C_p \right\rangle; \left\langle K_r^{TP}, t_{об}^d, C_{об}^d, D_{об}^d, C_p^d \right\rangle \right), \quad (1)$$

де  $f$  – функція відповідності вектора результату контролю вектору мети контролю;  $K_r, K_r^{TP}$  – реальний і потрібний коефіцієнти готовності парку АРО до застосування; що характеризують результативність контролю;  $t_{об}, t_{об}^d$  – реальний і допустимий час контролю типу АРО, що характеризують оперативність контролю;  $C_{об}, C_{об}^d$  – реальна та допустима вартості витрат на контроль типажу АРО, що характеризують економічність контролю;  $D_{об}, D_{об}^d$  – реальна та допустима достовірність визначення технічного стану АРО за результатами контролю, що характеризують оперативність і економічність контролю;  $C_p, C_p^d$  – реальна та допустима вартості витрат на помилки у визначенні технічного стану АРО за результатами контролю, що характеризують економічність контролю.

Проведена декомпозиція завдання дозволяє говорити про необхідність розробки системи показників ефективності контролю технічного стану АРО, яка повинна забезпечити оцінку ефективності на математичних моделях відомими математичними методами. Методи оцінки ефективності за векторним показником мають істотні обмеження, що накладаються теоремою

Парретто [7], неприйнятні для оцінки ефективності контролю, оскільки складові узагальненого показника ефективності (1) залежать один від одного. Способом подолання цього протиріччя є скаляризація такого показника та вибір функції відповідності [7].

З відомих методів скаляризації вибраний метод головного показника, оскільки завдання оцінки ефективності можна описати вартістю витрат  $C_{об}$  на контроль типу АРО при забезпеченні необхідної готовності  $K_{г}^{тр}$  АРО до застосування шляхом проведення контролю його технічного стану за допустимий час  $t_{об}^д$  при забезпеченні потрібного рівня достовірності визначення поточного технічного стану АРО і мінімізації витрат на помилки контролю.

Запропонована система показників ефективності контролю показана на рис. 1.

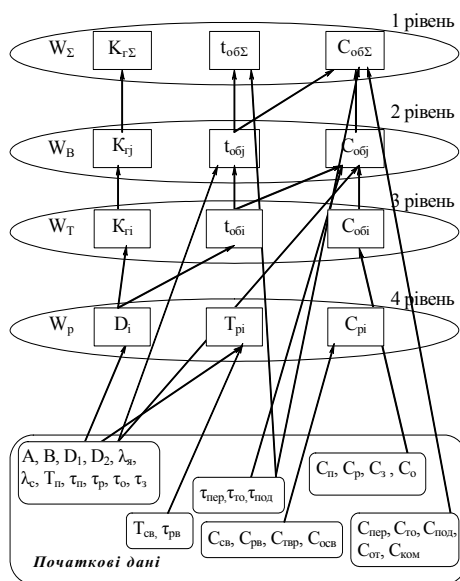


Рис. 1. Система показників ефективності контролю технічного стану АРО

На рис. 1 введені такі позначення:

$T_п, \lambda_я, \lambda_с$  – періодичність контролю, інтенсивності явної та прихованої відмов засобів контролю відповідно;

$D_1, D_2, A, B$  – апіорна достовірність відповідно визнання працездатного АРО придатним до застосування, непрацездатного АРО непридатним до застосування та помилки контролю 1-го та 2-го роду;

$\tau_п, \tau_р, \tau_о, \tau_з, C_п, C_р, C_о, C_з$  – тривалості контролю (перевірки), ремонту, обміну та заміни несправного АРО та питомі (приведені на одиницю вартості типу АРО) вартості витрат відповідно;

$\tau_{рв}, \tau_{св}, C_{рв}, C_{св}$  – тривалість і вартості витрат на розгортання та згортання засобів контролю та АРО для проведення операцій з визначення технічного стану АРО відповідно;

$\tau_{пер}, \tau_{то}, \tau_{под}$  – сумарний час, витрачений на переміщення засобів контролю, час на технічне обслуговування та підготовку до контролю засобів контролю відповідно;

$C_{свр}, C_{осв}, C_{пер}, C_{то}, C_{под}, C_{от}, C_{ком}$  – вартості витрат відповідно на підтримку температурного режиму,

вологості, освітлення, переміщення, технічне обслуговування, підготовку та навчання операторів, оплату праці обслуговуючого персоналу в одиницю часу відповідно;

$K_{гΣ}, K_{гj}, K_{гi}, t_{обΣ}, t_{обj}, t_{оби}$  – коефіцієнти готовності та тривалість контролю типажів АРО відповідно, j-м типом й i-м засобом контролю;

$C_{обΣ}, C_{обj}, C_{оби}$  – вартості витрат контролю технічного стану типу АРО відповідно;

$W_Σ, W_B, W_T, W_p$  – показники ефективності контролю технічного стану АРО відповідно.

Частковий показник ефективності  $W_T$  i-го типу засобів контролю (3 рівень декомпозиції) описується виразом

$$W = M[C_{оби}], \text{ при } K_{гi} \geq K_{гi}^{тр}, t_{оби} \leq t_{оби}^д, \quad (2)$$

де  $i = \overline{1, n}$ , n – кількість типів засобів контролю, що потрібні для контролю технічного стану АРО;  $M[\ ]$  – знак математичного сподівання.

Показник ефективності  $W_B$  контролю j-го типу АРО (2 рівень декомпозиції) описується формулою

$$W_B = M[C_{обj}] = M \left[ \sum_k C_{kj} + C_{св} + C_{рв} + C_{твр} + C_{осв} \right], \quad (3)$$

при  $K_{гj} \geq K_{гj}^{тр}, t_{обj} \leq t_{обj}^д$ , де  $\tau_k, C_k$  – сумарні тривалість роботи і вартість витрат k-го робочого місця на контроль АРО j-го типу відповідно, а  $K_{гj}$  знаходять так:

$$K_{гj} = \frac{\sum m_{ij}}{\sum n_{ij}}, \quad (4)$$

де  $m_{ij}, n_{ij}$  – кількість АРО i-го типу j-го підрозділу, що задовольняють нерівності (2), і загальна кількість АРО, що потребують контролю, відповідно.

Узагальнений показник ефективності  $W_Σ$  контролю технічного стану АРО (1 рівень декомпозиції) представимо виразом

$$W_Σ = M[C_{обΣ}] = M \left[ \sum_{\ell} C_{\ell} \right], \quad (5)$$

при  $K_{гΣ} \geq K_{гΣ}^{тр}, t_{обΣ} \leq t_{обΣ}^д$ , де  $C_{\ell}$  – вартості витрат підсистем обслуговування на контроль типу АРО,  $\ell = \overline{1, 4}$  – номери підсистем: обслуговування, транспортної, підготовки до роботи, особового складу, а  $K_{гΣ}$  розраховується за формулою

$$K_{гΣ} = \frac{\sum K_{гj}}{\sum_{i,j} n_{ij}}. \quad (6)$$

При розробці системи показників ефективності цільового контролю технічного стану АРО реалізовані принципи стохастичного детермінізму та послідовного зняття невизначеності за рахунок переходу від стохастичних початкових даних до їх математичних сподівань: формули (2), (3), (4).

**Висновки.** У статті вперше запропонована система показників ефективності контролю технічного стану

авіаційного ракетного озброєння при визначенні його поточного стану, що дозволяє методами математичного моделювання реалізувати оцінювання ефективності застосування засобів контролю. Вона відповідає загальним вимогам, що пред'являються до показників ефективності:

показники ефективності всіх рівнів однакові за формою та мають однакову розмірність;

показники ефективності мають ясний фізичний зміст;

показники ефективності кожного рівня декомпозиції враховують особливості засобів контролю, характерні для розглянутих вище часткових завдань оцінки ефективності операцій контролю.

Подальші дослідження будуть присвячені математичному моделюванню процесу контролю технічного стану окремих типів авіаційного ракетного озброєння відповідними засобами та методами на основі розробленої системи показників ефективності, а також розробці методики оцінювання ефективності контролю, що описує процес оцінювання від збору та підготовки початкових даних до отримання кількісних оцінок ефективності контролю.

### СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Харченко О. В., Пащенко С. В., Юхачов В. В. Експлуатація військової техніки за технічним станом – вимога часу // Наука і оборона. 2011. № 3. С. 51–56.
2. Концепції підтримання справності та бойового потенціалу авіаційної техніки авіації Повітряних Сил

Збройних Сил України на період до 2025 року : затверджена наказом Міністра оборони України від 16.09.2011 № 572.

3. Морозов О. О. Оцінка ефективності системи метрологічного забезпечення // Системи обробки інформації : зб. наук. праць. 2001. Вип. 1 (11). С. 115–119.
4. Нудьга А. П. Обобщенный показатель эффективности средств измерений и контроля одиночного образца // Системи обробки інформації : зб. наук. праць. 2000. Вип. 2 (88). С. 43–45.
5. Спренне В. С. Математическая модель операции метрологического обслуживания единичного объекта // Системи обробки інформації : зб. наук. праць. 2000. Вип. 1 (7). С. 21–25.
6. Чинков В. Н., Герасимов С. В. Методика оценки эффективности проведения метрологического обслуживания сложных образцов вооружения и военной техники // Системи обробки інформації : зб. наук. праць. 2003. Вип. 3. С. 130–135.
7. Надежность и эффективность в технике : справоч. : в 10 т. Т. 3. Эффективность технических систем / под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. М. : Машиностроение, 1988. 328 с.

Надійшла до редколегії 03.08.2017

**Рецензент О. І. Тимочко**, д-р техн. наук, проф.  
(Харківський національний університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба)