

Метрологія та вимірювальна техніка

УДК 623.463.5.001.57(06)

С.В. Герасимов, О.М. Баранік

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

КОМПЛЕКСНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ КОНТРОЛЬНО-ДІАГНОСТИЧНОЇ АПАРАТУРИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВІАЦІЙНИХ РАКЕТ КЛАСУ «ПОВІТРЯ – ПОВЕРХНЯ»

У статті обґрунтовані основні задачі вимірювального контролю параметрів (визначення технічного стану) авіаційних ракет класу «повітря – поверхня». Запропонована комплексна методика обґрунтування рішень про прийняття на озброєння нової або модернізацію існуючої (автоматизацію) контрольно-діагностичної апаратури для контролю технічного стану авіаційних ракет класу «повітря – поверхня». Ця методика заснована на розроблених методах: оцінки ефективності застосування контрольно-діагностичної апаратури, обґрунтування рішень про модернізацію (автоматизацію) контрольно-діагностичної апаратури, обґрунтування рішень про прийняття на озброєння автоматизованої контрольно-діагностичної апаратури. Комплексна методика призначена для використання при науково-технічному супроводженні створення й експлуатації автоматизованої контрольно-діагностичної апаратури.

Ключові слова: авіаційні ракети класу «повітря – поверхня», контрольно-діагностична апаратура, технічний стан, методи, комплексна методика.

Вступ

Постановка проблеми. Ракетне озброєння, як правило комплекси (системи) з керованими у польоті ракетами, представляє собою сукупність технологічно та функціонально взаємозв'язаних бойових і технічних засобів, пристроїв і комунікацій, які призначені для підтримання у готовності та бойового застосування ракет відповідного призначення (зенітні керовані ракети, ракети типів «поверхня – поверхня», «поверхня – повітря», «повітря – поверхня», протитанкові керовані ракети тощо). Основу експлуатації ракетного озброєння складають три головні процеси: приведення у готовність до бойового застосування, підтримання у готовності до застосування та застосування за призначенням. Ці процеси дозволяють реалізовувати якості ракетного озброєння та забезпечують підтримання необхідної його ефективності застосування.

Проведення антитерористичної операції на сході України виявили низку проблем у застосуванні авіаційних ракет класу «повітря – поверхня» [1–2]. Так, деякі авіаційні ракети цього класу не виконали поставленого завдання з нанесення точних ударів по цілях з причин технічної несправності.

Отже, ефективність бойового застосування сучасних зразків авіаційних ракет класу «повітря – поверхня» залежить від їх технічної справності.

При експлуатації у військовій частині ракета може знаходитися у режимах тривалого зберігання,

проміжній готовності та остаточній готовності (на бойовому чергуванні чи на пусковій установці перед застосуванням).

До основних задач вимірювального контролю параметрів (визначення технічного стану) авіаційних ракет класу «повітря – поверхня» (ракети, пускових установок, систем виявлення та наведення тощо) відносять:

- визначення ступеня готовності ракет до бойового застосування;
- перевірку технічної справності складових блоків і елементів ракет;
- визначення встановлених експлуатаційних термінів і можливості їх подальшого подовження;
- забезпечення безпеки роботи при умові правильної експлуатації складових блоків і елементів ракет у цілому та окремих функціональних систем (блоків).

Тривала експлуатація авіаційних ракет класу «повітря – поверхня» у військах обумовлює необхідність проведення спеціальних профілактичних заходів, направлених на попередження відмов і подовження термінів її служби. Наприклад, перевірка бортового обладнання керованої ракети проводиться з метою визначення його справності й, при необхідності, встановлення основних параметрів за допомогою регулювання, яке передбачене інструкцією з експлуатації. Для проведення перевірок залучаються автоматизована контрольно-діагностична апаратура (КДА) із відповідними встановленими термінами перевірки

технічного стану. За допомогою зазначеної апаратури проводиться визначення технічного стану складових блоків і елементів авіаційних ракет при експлуатації.

Отже, для ефективного використання авіаційних ракет класу «повітря – поверхня» за цільовим призначенням необхідна достовірна інформація про їх технічний стан, яка забезпечується сучасною системою контролю та діагностування з відповідним сучасними технічними засобами.

Аналіз публікацій. Відомо, що призначений термін служби для засобів вимірювальної техніки, допоміжного повірочного (калібрувального) обладнання та засобів автоматизації становить 10–15 років. Тому існуюча КДА для контролю технічного стану керованого авіаційного озброєння вже морально та технічно застаріла, потребує модернізації або оновлення її складових.

У літературі відомі різні підходи до обґрунтування технічних задач та відповідного функціонального обриса КДА [3–9]. Але на сьогодні відсутня затверджена «модель вартості експлуатації зразка озброєння та військової техніки», яка б дозволила приймати обґрунтоване рішення щодо модернізації та прийняття на озброєння нових (оновлених) комплексів (зразків) озброєння та військової техніки, у тому числі КДА. Тому такі рішення приймаються або адміністративними методами, або за суб'єктивними (експертними) оцінками [4; 7]. Однак оцінка ефективності застосування КДА для контролю технічного стану зразків ракетного озброєння, у тому числі авіаційних ракет класу «повітря – поверхня», має особливо важливе значення, бо витрати на їх експлуатацію порівняні з витратами на створення або закупівлю відомих аналогів.

За результатами аналізу публікацій [4; 7–11] щодо обґрунтування рішень про прийняття на озброєння, модернізацію комплексів (зразків) ракетного озброєння встановлено, що існуючий на цей час методичний апарат не дозволяє при обґрунтуванні рішень враховувати ефективність застосування справних ракет за призначенням і втрати від застосування несправних ракет. Так як від якості нанесення авіаційного ракетного удара залежить досягнення мети не тільки бою, а й операції у цілому, то розробка комплексного методу оцінки ефективності застосування автоматизованої КДА для контролю технічного стану авіаційних ракет класу «повітря – поверхня» є актуальною задачею.

Метою статті є розробка комплексного методу оцінки ефективності застосування автоматизованої КДА для контролю технічного стану авіаційних ракет класу «повітря – поверхня», який включає також метод обґрунтування рішень про прийняття на озброєння та модернізацію КДА на основі оцінки ефективності застосування ракет за призначенням.

Основна частина

Метою комплексної методики обґрунтування рішень про прийняття на озброєння нової або модернізацію існуючої КДА на основі оцінки ефективності їх застосування (далі будемо використовувати термін комплексна методика) є регламентація методичних основ обґрунтування рішень щодо доцільності застосування або необхідності модернізації конкретного типу КДА для контролю технічного стану авіаційного ракетного озброєння.

Комплексність даного методу полягає у тому, що на основі оцінок (відповідних методів) ефективності застосування КДА для контролю технічного стану авіаційних ракет обґрунтовуються як рішення про доцільність прийняття на озброєння типу КДА (етап створення нового типу КДА), так і рішення про необхідність і доцільність модернізації типу КДА, що експлуатуються (етап експлуатації типу КДА).

Метод оцінки ефективності застосування контроль-діагностичної апаратури

1. Для отримання кількісних оцінок ефективності застосування КДА для контролю технічного стану авіаційних ракет проводиться послідовне обчислення узагальненого (для сукупності типів авіаційного ракетного озброєння) та часткових (для типів авіаційного ракетного озброєння) показників ефективності, а саме:

а) для одиничних типів авіаційного ракетного озброєння обчислюються значення коефіцієнту готовності K_{r_i} , тривалості контролю технічного стану $\tau_{об_i}$ і вартості (витрат) $E_{об_i}$ на такий контроль і-го типу озброєння, отриманими з використанням запропонованої математичної моделі [12]:

$$K_{r_i} = \frac{D_1 T_n (1 + \lambda_{рв} T_n)}{\left[1 + T_n (\lambda_{рв} + \lambda_{мв}) \right] \left\{ (1 + T_n \lambda_{рв}) [(D_1 + B) T_n + t_n] + [t_p - t_o (1 - k)] (T_n \lambda_{рв} + D_2 + A) \right\}}; \quad (1)$$

$$\tau_{об_i} = \frac{t_n (1 + T_n \lambda_{рв}) + \left(\frac{T_n \lambda_{рв} +}{D_2 + A} \right) [t_p - t_o (1 - k)]}{(1 + T_n \lambda_{рв}) D_1}; \quad (2)$$

$$E_{об_i} = E_n \tau_n + E_p \tau_p + E_o \tau_o, \quad (3)$$

$$\text{де } \tau_n = \frac{t_n}{D_1}; \quad \tau_p = \frac{t_p (T_n \lambda_{рв} + D_2 + A)}{D_1 (1 + T_n \lambda_{рв})};$$

$$\tau_o = \frac{t_o (k - 1) (T_n \lambda_{рв} + D_2 + A)}{D_1 (1 + T_n \lambda_{рв})};$$

t_n, t_p, t_o – нормативні тривалості контролю технічного стану, ремонту та обміну несправної авіаційної ракети (або її несправних блоків чи елементів) відповідно;

T_n – періодичність контролю технічного стану типу авіаційних ракет;

$\lambda_{яв}, \lambda_{пв}$ – інтенсивності явної та прихованої відмов авіаційних ракет відповідно;

k – коефіцієнт, який характеризує частку безпомилково відремонтованих авіаційних ракет (їх складових блоків або елементів), $0 \leq k \leq 1$;

D_1, D_2, A, B – апіорні ймовірності відповідно визнання справної ракети придатною до застосування, несправної ракети непридатною до застосування та помилки контролю I-го і II-го роду;

E_n, E_p, E_o – питомі витрати на контроль технічного стану, ремонт та обмін несправних ракет за годину відповідно;

τ_n, τ_p, τ_o – фактичні тривалості контролю технічного стану, ремонту та обміну несправних ракет відповідно.

2. Для j -го типу авіаційних ракет з використанням формул (2–3) обчислюються тривалості контролю технічного стану $\tau_{об_j}$ і вартість (витрати) $E_{об_j}$ на контроль:

$$\tau_{об_j} = \tau_{pz} + \tau_{zg} + \max_k(\tau_k); \quad (4)$$

$$E_{об_j} = E_{pz} + E_{zg} + E_{твр} + E_{осв} + \sum_k E_k, \quad (5)$$

де $\tau_k = \sum_i n_i \tau_{об_i}$; $E_k = \sum_i n_i E_{об_i}$;

$\tau_{pz}, \tau_{zg}, E_{pz}, E_{zg}$ – тривалості та вартості витрат на розгортання та згортання автоматизованої КДА відповідно;

τ_k, E_k – сумарні тривалість роботи та вартість витрат k -го робочого місця КДА на контроль технічного стану типу авіаційних ракет j -ї військової частини відповідно;

n_i – кількість авіаційних ракет i -го типу в j -ї військовій частині, що обслуговуються на k -ому робочому місці КДА.

$E_{твр}, E_{осв}$ – вартості витрат на підтримання температурно-вологісного режиму та освітлення автоматизованої КДА відповідно.

3. Враховуючи вирази (4–5), розраховуються значення тривалості контролю технічного стану $\tau_{об_\Sigma}$ та вартості витрат $E_{об_\Sigma}$ на обслуговування парку авіаційних ракет угруповання військ (сил) за формулами:

$$\tau_{об_\Sigma} = \tau_{пер} + \tau_{то} + \sum_j \tau_{об_j}; \quad (6)$$

$$E_{об_\Sigma} = \sum_j E_{об_j} + \tau_{пер} E_{пер} + \tau_{то} (E_{то} + E_{під}) + \tau_{об_\Sigma} (E_{зп} + 0,9E_{від}), \quad (7)$$

де $\tau_{пер}, \tau_{то}$ – сумарний час, витрачений на переміщення автоматизованої КДА до кожної військової частини по одному разу та час на технічне обслуговування (підготовку) до виїзду цієї апаратури відповідно;

$E_{пер}, E_{то}, E_{під}, E_{зп}, E_{від}$ – питомі вартості витрат відповідно на переміщення, технічне обслуговування, підготовку та навчання, оплату праці та відрядження обслуговуючого персоналу автоматизованої КДА в одиницю часу.

Отримані оцінки ефективності застосування автоматизованої КДА дозволяють динамічно відслідковувати доцільність подальшої експлуатації або необхідність модернізації відповідного типу КДА для підвищення її технічного рівня.

Метод обґрунтування рішень про модернізацію (автоматизацію) контрольно-діагностичної апаратури.

Метод призначений для визначення відповідності можливостей типів КДА щодо контролю технічного стану типів авіаційних ракет угруповання військ (сил) та визначення робочих місць КДА, які потребують модернізації.

Вирішення вищезазначених завдань пропонується здійснювати за наступним алгоритмом.

1. Для кожного з типів авіаційних ракет, технічний стан яких контролюється за допомогою КДА, встановлюється відповідність якості такого контролю (формула (1)) необхідному рівню за правилом:

$$K_{r_i} \geq K_{r_i}^n, \quad (8)$$

де $K_{r_i}^n$ – потрібний коефіцієнт готовності i -го типу авіаційних ракет.

Якщо правило (8) не виконується хоча б для одного типу авіаційних ракет, робоче місце КДА, на якому контролюється технічний стан i -го типу ракет, потребує модернізації.

2. Для всіх k робочих місць КДА розраховуються сумарна тривалість роботи τ_k за формулою (4) та визначається коефіцієнт нерівномірності завантаження робочих місць згідно співвідношення:

$$K_{нер} = \frac{\tau_{k_{max1}}}{\tau_{k_{max2}}}, \quad (9)$$

де $\tau_{k_{max1}}, \tau_{k_{max2}}$ – тривалості функціонування τ_k найбільш завантаженого та другого за завантаженістю робочих місць КДА відповідно.

Числове значення цього коефіцієнту, обчислене за формулою (9), використовується як необхідний рівень підвищення продуктивності першого робочого місця для запобігання простоїв інших робочих місць КДА.

3. За формулою абсолютного економічного ефекту модернізації з урахуванням виразів (5) та (7) визначається економічна доцільність модернізації к-го робочого місця КДА:

$$\Delta E = E_{об\sigma_c} - \left(\frac{E_{мод}}{M T_{сл}} + E_{об\sigma_n} \right), \quad (10)$$

де $E_{об\sigma_c}$, $E_{об\sigma_n}$ – вартості витрат на обслуговування авіаційних ракет угруповання військ (сил) за допомогою КДА старої та нової комплектації; $E_{мод}$ – вартість витрат на модернізацію; M – кількість (серія) типу КДА, що розглядається; $T_{сл}$ – призначений термін служби типу КДА.

Модернізація типу КДА, з економічної точки зору, доцільна при позитивному економічному ефекті модернізації $\Delta E > 0$, обчисленому за формулою (10).

Метод обґрунтування рішень про прийняття на озброєння автоматизованої контрольно-діагностичної апаратури.

Метод призначений для порівняння різних типів (проектів) автоматизованих КДА з метою вибору такого типу КДА, який забезпечує контроль авіаційних ракет різних типів угруповання військ (сил) із заданою якістю при мінімальних економічних витратах.

Визначення такого типу (проекту) КДА здійснюється для кожного з типів (проектів) за наступним алгоритмом.

1. Установлюється відповідність якості контролю технічного стану усіх типів авіаційних ракет, які підлягають контролю, за виразами (1), (8).

2. Обчислюються тривалість контролю технічного стану та вартість витрат на контроль парку авіаційних ракет угруповання військ за формулами (6–7).

3. Розраховується первинна кількість N екземплярів КДА, необхідних для контролю технічного стану парку авіаційних ракет угруповання військ за встановлений термін обслуговування $T_{об}$ (як правило $T_{об}=1$ рік) за співвідношенням $N = \frac{\tau_{об\sigma}}{T_{об}}$.

4. Визначається уточнена кількість екземплярів КДА, необхідна для контролю технічного стану парку авіаційних ракет угруповання військ N' , як найближче ціле число до N .

5. Обчислюються поточні річні витрати $C_{об_n}$ на контроль технічного стану парку авіаційних ракет угруповання військ:

$$C_{об_n} = \frac{E_{об\sigma}}{\tau_{об\sigma}} \cdot N'. \quad (11)$$

6. З урахуванням співвідношення (11) розраховується вартість сумарних річних витрат (капіталь-

них та поточних) на контроль технічного стану парку авіаційних ракет угруповання військ за удосконаленою формулою [7]:

$$C_{об\sigma} = C_{об_n} + N' \left(\frac{C}{T_{сл}} + \frac{C_{ндкр}}{M T_{сл}} \right), \quad (12)$$

де C – ціна екземпляра автоматизованої КДА;

$C_{ндкр}$ – вартість створення (проведення науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт) автоматизованої КДА, враховується для тих типів КДА, які розробляються за замовленням та за кошти Міністерства оборони України.

Рішення щодо вибору найкращого типу автоматизованої КДА для вирішення поставлених завдань з контролю технічного стану парку авіаційних ракет приймається за критерієм мінімуму вартості сумарних річних витрат $C_{об\sigma}$ на цей контроль (формула (12)).

Висновки

Таким чином, розроблено комплексну методику (сукупність трьох запропонованих методів) обґрунтування рішень про прийняття на озброєння та модернізацію (автоматизацію) КДА, яка призначена для використання при науково-технічному супроводженні створення й експлуатації автоматизованої КДА, а також для обґрунтування рішень при проведенні конкурсів і тендерів на розробку (закупівлю) контрольно-перевірочної або контрольно-діагностичної апаратури.

Подальші дослідження будуть спрямовані на підвищення ефективності застосування автоматизованої контрольно-діагностичної апаратури та оптимізацію складу їх робочих місць.

Список літератури

1. Алімпієв А.М. Особливості гібридної війни РФ проти України. Досвід, що отриманий Повітряними Силами Збройних Сил України / А.М. Алімпієв, Г.В. Певцов // *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. – 2017. – № 2(27). – С. 19-25.
2. Шамко Є.В. Основні особливості застосування Повітряних Сил в сучасних умовах ведення збройної боротьби / Є.В. Шамко, О.М. Жарик, В.В. Коваль // *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. – 2017. – № 2(27). – С. 15-18.
3. Лук'янчук В.Н. Методика воєнно-економічної оцінки ефективності модернізації озброєння / В.Н. Лук'янчук, С.В. Климов // *Труди Національної академії оборони України*. – 2001. – № 31. – С. 197-200.
4. Оленович І.Ф. Системний підхід до вибору і формалізації показників ефективності і якості складних систем військового призначення / І.Ф. Оленович, Д.В. Зайцев // *Труди Національної академії оборони України*. – 2002. – № 40. – С. 161-166.
5. Герасимов С.В. The method of checks determining periods of technical state for unmanned air vehicle onboard equipment / С.В. Герасимов, О.О. Журавльов, М.В. Борисен-

ко // Системи обробки інформації. – 2017. – Вип. 1 (147). – С. 13-17.

6. Запара Д.М. Вибір та обґрунтування критерію оцінювання ефективності системи технічного забезпечення зенітних ракетних військ в сучасних умовах ведення збройної боротьби / Д.М. Запара, М.Б. Бровко, Г.М. Зубрицький // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2016. – № 2. – С. 114-116.

7. Войтенко С.С. Методика визначення складу та виробничих можливостей виїзної метрологічної групи / С.С. Войтенко, А.П. Волобуєв, С.В. Герасимов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2011. – № 2. – С. 136-139.

8. Чинков В.Н. Комплексная методика оптимизации контролируемых параметров сложных технических объектов / В.Н. Чинков, С.В. Герасимов // Украинский метрологический журнал, 2003. – № 1. – С. 11-15.

9. Чинков В.М. Дослідження та обґрунтування критеріїв оптимізації вимірювальних сигналів для контролю технічного стану систем автоматичного управління / В.М. Чинков, С.В. Герасимов // Український метрологічний журнал. – 2013. – № 4. – С. 43-47.

10. Борисенко М.В. Методика визначення оптимальної періодичності проведення метрологічного обслуговування перспективної пересувної лабораторії вимірюваль-

ної техніки / М.В. Борисенко // Системи озброєння і військова техніка. – 2014. – № 2. – С. 63-66.

11. Борисенко М.В. Математична модель експлуатації перспективної пересувної лабораторії вимірювальної техніки / М.В. Борисенко // Системи обробки інформації. – 2014. – № 5. – С. 13-17.

12. Хижняк В.М. Модель оптимального розподілу фінансувань на ремонт та закупівлю авіаційних ракет / В.М. Хижняк, О.М. Баранік, С.А. Калкаманов // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2009. – № 3. – С. 193-196.

Надійшла до редколегії 28.08.2017

Рецензент: д-р техн. наук проф. О.І. Тимочко, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КОНТРОЛЬНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВИАЦИОННЫХ РАКЕТ КЛАССА «ВОЗДУХ – ПОВЕРХНОСТЬ»

С.В. Герасимов, А.Н. Бараник

В статье обоснованы основные задачи измерительного контроля параметров (определения технического состояния) авиационных ракет класса «воздух – поверхность». Предложена комплексная методика обоснования решений о принятии на вооружение новой или модернизации существующей (автоматизации) контрольно-диагностической аппаратуры для контроля технического состояния авиационных ракет класса «воздух – поверхность». Эта методика основана на разработанных методах: оценки эффективности применения контрольно-диагностической аппаратуры, обоснования решений о модернизации (автоматизации) контрольно-диагностической аппаратуры, обоснования решений о принятии на вооружение автоматизированной контрольно-диагностической аппаратуры. Комплексная методика предназначена для использования при научно-техническом сопровождении создания и эксплуатации автоматизированной контрольно-диагностической аппаратуры.

Ключевые слова: авиационные ракеты класса «воздух – поверхность», контрольно-диагностическая аппаратура, техническое состояние, методы, комплексная методика.

COMPLEX METHOD OF EVALUATING THE EFFICIENCY OF APPLICATION OF AUTOMATED CONTROL AND DIAGNOSTIC EQUIPMENT FOR CONTROLLING THE TECHNICAL STATE OF AIR ROCKETS OF CLASS «AIR TO SURFACE»

S. Herasimov, A. Baranik

The main tasks of measuring control of parameters (determining the technical state) of air-to-surface air missiles are substantiated in the article. A comprehensive methodology for justifying decisions to adopt a new or upgrade existing (automation) control and diagnostic equipment for monitoring the technical condition of air-to-surface air missiles is proposed. This methodology is based on the developed methods: assessing the effectiveness of the use of control and diagnostic equipment, justifying decisions on the modernization (automation) of control and diagnostic equipment, justifying decisions to adopt automated diagnostic equipment. The complex methodology is intended for use in the scientific and technical support of the creation and operation of automated control and diagnostic equipment.

Keywords: air-to-surface air missiles, control and diagnostic equipment, technical state, methods, complex methodology.