

Юрій Борисович Прібілев (канд. техн. наук, доцент)

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

ОЦІНКА ДОЦІЛЬНОСТІ ПОБУДОВИ КОНТРОЛЬНО-ВИПРОБУВАЛЬНИХ СТАНЦІЙ РАКЕТНОГО ОЗБРОЄННЯ

У статті запропоновано показник, який дозволяє оцінити ефективність контролю зенітних керованих ракет за допомогою контрольно-випробувальних станцій. Отримано вираз, що враховує вартість втрат на помилкові рішення при використанні контролю, вартість витрат на проведення контролю, якісні характеристики контрольно-випробувальних станцій. Досліджені можливі шляхи забезпечення заданої технічної готовності зенітних керованих ракет: підвищення надійності зенітних керованих ракет та побудова ракет, що дозволяють відновлення під час експлуатації за результатами контролю технічного стану за допомогою контрольно-випробувальних станцій. Запропоновані співвідношення для розрахунку витрат для реалізації цих шляхів забезпечення заданої технічної готовності зенітних керованих ракет. Кількісні значення показника ефективності контролю зенітних керованих ракет контрольно-випробувальними станціями дозволять зробити порівняльний аналіз ефективності застосування розроблених перспективних універсальних контрольно-випробувальних станцій, визначити раціональні конструктивні рішення та здійснити їх удосконалення. Це дозволить визначити умови доцільності побудови перспективних уніфікованих автоматизованих контрольно-випробувальних станцій ракетного озброєння.

Ключові слова: контрольно-випробувальна станція, ефективність, зенітна керована ракета.

Вступ

Протягом понад двадцять років Збройні Сили (ЗС) України функціонували на запасі озброєнь та військової техніки (ОВТ), який дістався у спадок від СРСР. За цей час при відсутності переоснащення ЗС України відбувалась деградація ОВТ. У результаті технічне оснащення ЗС України не відповідає сучасним вимогам як за своїм технічним станом (переважна більшість потребує ремонту або проведення регламентних робіт, доукомплектування запасними частинами й приладдям тощо), так і за моральними якостями (розробка більшості з наявних у ЗС України ОВТ відбувалась у 60–70-х рр., а їх серійне виробництво – у 70–80-х рр. минулого століття). Так, сьогодні основу протиповітряної оборони України складають зенітно-ракетні комплекси (ЗРК) радянського виробництва: С-300 і “Бук-М1”, вік яких становить від 20 до 40 років.

С початком російської збройної агресії проти України почалось оновлення ОВТ ЗС України, завдяки чому їх спроможності кардинально підвищилися. Так, відновлено боєздатність військових частин зенітних ракетних військ, що підтверджують вдалі випробування модернізованих ЗРК. Так, 4 листопада 2017 року успішно завершився комплекс контрольних льотних випробувань зенітних керованих ракет (ЗКР) середньої дальності на тимчасовому майданчику поблизу населеного пункту Олександрівка, у Херсонській області.

Загалом було здійснено 23 постріли ЗРК “Бук-М1” та С-300 по 11 безпілотних літальних апаратах типу ВР-3 “Рейс” та визначених повітряних точкових координатах. Окрім того,

підрозділи Сухопутних військ провели понад 20 пусків із ЗРК “Оса”.

Водночас, відсутність закупівель нових зразків ЗРК, незважаючи на модернізацію існуючих, призводить до наростання темпів старіння ОВТ зенітних ракетних військ [1].

Постановка проблеми.

Перед випробуваннями або бойовими стрільбами необхідною є перевірка технічної готовності ЗКР. Основним джерелом інформації про технічний стан (ТС) ЗКР є проведення регламентних та контрольно-випробувальних робіт з ЗКР за допомогою контрольно-випробувальних станцій (КВС), які є обов’язковою складовою частиною ЗРК. Існуючі КВС, які є на постачанні ЗС України, не в змозі забезпечити достовірний контроль ТС ЗКР, тому також модернізуються одночасно з ракетним озброєнням [2].

Застосування сучасних методів контролю ТС ЗКР дозволяє забезпечити необхідні рівні технічної готовності ЗКР у комплексі з КВС. Але при побудові КВС обов’язково необхідно робити оцінку їх ефективності. У зв’язку з цим, актуальною є розробка методу кількісної оцінки ефективності застосування КВС, що мають забезпечити достовірне визначення ТС ЗКР та зменшити вартість експлуатації ЗРК.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

ЗРК є складною технічною системою, яка характеризується різноманітними показниками та складається з великої кількості різномірних елементів, які взаємодіють між собою [3]. Удосконаленням методів їх технічної експлуатації ЗКР і їх відновлення, як основного способу

підтримання технічної готовності ЗРК в сучасних умовах, займалися автори [4, 5]. У роботі [2] наведені загальні вимоги до КВПС, що використовуються при проектуванні РО, але оцінка ефективності застосування сучасних автоматизованих КВС РО ще не зроблена.

Мета статті полягає у оцінці ефективності застосування КВС для контролю ТС ЗРК, що дозволить визначити умови доцільності побудови перспективних уніфікованих автоматизованих КВС РО.

Виклад основного матеріалу дослідження

Зразки РО, що є на озброєнні ЗС України, наприклад, ЗРК 5В55Р у складі ЗРК С-300 є нерозбірними при експлуатації, знаходяться у герметичному транспортному контейнері протягом усього гарантійного терміну експлуатації (10 років), частково обслуговуються при ТО та частково контролюються перед застосуванням. Але час знаходження цих ЗРК на озброєнні (у середньому – 30 років) та неодноразове продовження призначених показників ракети свідчить про тенденцію їх фізичного старіння, що потребує повноти контролю якості функціонування бортової апаратури для підтримання технічної готовності ЗРК на необхідному рівні.

Постійно зростаючі складність, вартість та технологічний рівень РО вимагають підвищення ефективності контролю. Кожен контроль параметру ракети пов'язаний з комутацією та вимірюванням – на вхід елементу або підсистеми ракети подаються стимулюючі сигнали та вимірюються вихідні сигнали на виході відповідного елементу або підсистеми ракети. Проведення навіть одного етапу контрольно-випробувальних робіт з РО вимагає неодноразових вимірів, а кількість найменувань параметрів, що підлягають вимірюванню та контролю, може досягати декількох сотен, тому в результаті кількість вимірювальних операцій може досягати декількох тисяч. Це дає уявлення про обсяг контрольно-випробувальних робіт з РО та необхідні витрати на вимірювальний контроль.

Такий ефективний контроль ТС ЗРК може здійснити перспективна універсальна КВС, яка здатна замінити автоматизовану КВС 70К6 для діагностики ракет ЗРК С-300 у заводських умовах, КВС 9В91 для контролю ракет ЗРК С-300 на місцях експлуатації та КВС 9В95М1 для обслуговування ракет 9М38 ЗРК “Бук-М1”, які мають значну кількість блоків бортової апаратури єдиного призначення з однаковим переліком контрольованих параметрів.

Забезпечити необхідний рівень достовірності контролю ТС ЗРК потрібно мінімально необхідними силами та засобами, тобто виникає необхідність забезпечити ефективність контролю, як міру доцільності застосування контролю. Застосування контролю дозволяє уточнити апріорні дані і, отже, зменшити ймовірність помилкових рішень при визначенні ТС ЗРК. Ухвалення помилкових рішень супроводжується

втратами, які можна виразити у формі вартості. Якщо контроль зменшує ймовірність помилкових рішень, то зменшуються і втрати на ці рішення. З іншого боку, застосування контролю вимагає певних витрат на забезпечення контролепридатності ЗРК, а також розробки, виробництва і експлуатації КВС. Таким чином, з одного боку, контроль приносить виграти, з іншого – збитки. Очевидно, що контроль стає доцільним, якщо виграти від його застосування перевищує збитки.

Для кількісної оцінки ефективності застосування КВС необхідно вибрати певний показник, який повинен відповідати вимогам досить повного обліку основних чинників, простоти обчислень і нормування, тобто повинен бути відносною величиною. Сучасні КВС є автоматизованими складними технічними системами. Тому для оцінки ефективності їх застосування можна використовувати загальні показники якості, що застосовуються для складних технічних систем [6].

За показник ефективності контролю E приймемо відносну величину витрат:

$$E = 1 - \frac{C^*}{C}, \quad (1)$$

де C - вартість витрат через помилкові рішення при відсутності контролю;

C^* - вартість витрат та витрат при проведенні контролю, де:

$$C^* = C_1^* + C_2^*, \quad (2)$$

де C_1^* - вартість витрат на помилкові рішення при використанні контролю;

C_2^* - витрати на проведення контролю.

Підставляючи (2) в (1), отримуємо:

$$E = 1 - \frac{C_1^*}{C} - \frac{C_2^*}{C}. \quad (3)$$

Якщо вартості витрат на ризик замовника і ризик виробника різні, то відношення вартостей $\frac{C_1^*}{C}$ виражається формулою:

$$\frac{C_1^*}{C} = \frac{C_\alpha \alpha + C_\beta \beta}{C_\beta \beta}, \quad (4)$$

де α - ризик виробника (ймовірність того, що працездатний об'єкт контролю визнаний непридатним);

β - ризик замовника (ймовірність того, що непрацездатний об'єкт контролю визнаний придатним).

C_α , C_β - вартості витрат на ризики виробника і замовника відповідно.

Витрати на контроль однієї ЗРК C_2^* включають три складові:

$$C_2^* = \frac{C_{21}^* + C_{22}^*}{n} + C_{23}^*, \quad (5)$$

де C_{21}^* - вартість проектування і виготовлення

КВС;

C_{22}^* - вартість експлуатації КВС;

C_{23}^* - вартість проведення контролю;

n - кількість ЗКР.

КВС може проконтролювати $n = FR$ ЗКР, де F - продуктивність, R - ресурс КВС. Тоді витрати на контроль будуть дорівнювати:

$$C_2^* = \frac{(C_{21}^* + C_{22}^*)}{FR} + C_{23}^*. \quad (6)$$

Вартість C , що пов'язана з прийняттям помилкових рішень за апіорними даними, дорівнює вартості одній ЗКР C_0 , помноженій на кількість ЗКР в у складі ЗРК і на апіорний ризик замовника:

$$C = C_0 n \beta. \quad (7)$$

Підставляючи значення вартостей у (3), отримуємо:

$$E = 1 - \frac{C_1^* + (C_{21}^* + C_{22}^* + C_{23}^*)FR}{FRC_0 n \beta}. \quad (8)$$

Дана формула дозволяє оцінити ефективність застосування КВС. Якщо ефективність контролю стає негативною, це означає, що контроль не ефективний, він дає збиток, і тому немає сенсу його застосовувати. Величина ефективності контролю показує питому вагу прибутку, одержуваної при контролі. З формули (8) випливає, що контроль не вигідний при малому ризику замовника, малої продуктивності і ресурсі КВС.

Кількісна оцінка ефективності КВС і відновлення працездатності об'єктів контролю разової дії, до яких відносяться ЗКР, визначається доцільністю застосування КВС і дозволяє зробити їх порівняльний аналіз з метою виявлення оптимальних варіантів побудови КВС. Для визначення ефективності застосування КВС необхідно знати мету контролю і засоби її досягнення. Основною метою в режимі зберігання ЗКР є забезпечення необхідної технічної готовності ЗКР до застосування. Технічну готовність ЗКР будемо оцінювати ймовірністю знаходження ЗКР у справному стані в режимі зберігання.

Можливі два шляхи забезпечення заданої технічної готовності ЗКР. Першим є створення ЗКР з підвищеною надійністю, характеристики якої дозволяють при зберіганні обійтися без проведення регламентованих перевірок і відновлення. Для здійснення зазначених завдань необхідно здійснити певний обсяг витрат, які можна визначити співвідношенням:

$$C_0^* = \sum_{i=1}^{m_1} A_i, \quad (9)$$

де m_1 - кількість видів витрат;

A_i - витрати i -го виду, виражені в абсолютних одиницях.

Другий шлях - це створення ЗКР, що дозволяють відновлення під час експлуатації за результатами контролю ТС ЗКР за допомогою КВС, тобто забезпечують необхідну технічну готовність ЗКР спільно з КВС. У цьому випадку техніко-експлуатаційні характеристики ЗКР під час зберігання і при відсутності контролю і відновлення забезпечуються готовністю ЗКР, яка повинна бути вище тієї, що вимагається: $P_{ГВ} > P_{Г}$. Звідси:

$$\frac{P_{Г}}{P_{ГВ}} < 1. \quad (10)$$

Співвідношення (10) є достатньою умовою застосування КВС під час зберігання ЗКР. Узагальнені витрати, необхідні для створення ЗКР, при зберіганні якої забезпечується необхідна технічна готовність тільки за допомогою системи контролю і відновлення, можна визначити за допомогою виразу:

$$C_0 = \sum_{i=1}^{m_2} A_i', \quad (11)$$

де A_i' - абсолютні витрати i -го виду, необхідні для створення ЗКР, готовність якої без застосування КВС нижче необхідної.

Необхідну умову застосування КВС можна визначити за допомогою співвідношення:

$$\begin{cases} \text{Якщо } E > 0, \text{ КВС є необхідною;} \\ \text{Якщо } E > 0, \text{ КВС є непотрібною.} \end{cases} \quad (12)$$

Ця умова дозволяє зробити порівняння різних варіантів побудови ЗКР і КВС і вибрати оптимальний варіант.

Висновки

Таким чином, у статті був запропонований показник, який дозволяє оцінити ефективність контролю ЗКР за допомогою КВС. Отриманий вираз врахував вартість витрат на помилкові рішення при використанні контролю, вартість витрат на проведення контролю, якісні характеристики КВС. Досліджені можливі шляхи забезпечення заданої технічної готовності ЗКР: підвищення надійності ЗКР та створення ЗКР, що дозволяють відновлення під час експлуатації та забезпечують необхідну технічну готовність ЗКР спільно з КВС. Запропоновані співвідношення для розрахунку витрат для реалізації цих шляхів забезпечення заданої технічної готовності ЗКР. Кількісні значення показника ефективності контролю ЗКР за допомогою КВС дозволять зробити порівняльний аналіз ефективності застосування розроблених перспективних універсальних КВС, та визначити доцільність їх побудови.

Література

1. Карпенко Д.В. Стан та перспективи розвитку зенітного ракетного озброєння Повітряних Сил Збройних Сил України: Науковий журнал "Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України". 2017.

№ 2(27). С.75–78. 2. Прибілєв Ю.Б., Сакович Л.В. Підхід до побудови уніфікованої універсальної автоматизованої контрольно-випробувальної станції ракетного озброєння: Науково-теоретичний та науково-

практичний журнал "Наука і оборона". Київ. 2017. №1. С. 42–48. **3. Архангельский И. И.** Проектирование зенитных управляемых ракет. / И. И. Архангельский П. П. Афанасьев, И. С. Голубев, В. Г. Светлов и др. – М.: МАИ, 2001. – 732 с. **4. Гриб Д. А.** Удосконалення методів технічної експлуатації і ремонту як основа підтримання боєготового стану зенітного ракетного озброєння в сучасних умовах [Текст] / Д. А. Гриб, Б. М. Ланецький, В. В. Лук'янчук // Наука і оборона. –

2012. – №3. – С. 55-63. **5. Пермяков О. Ю.** Модель системи діагностування, технічного обслуговування та ремонту складних технічних систем військового призначення. / О. Ю. Пермяков, Ю. Б. Прибілев, О. О. Дюбанов. // Наука і оборона. – 2016. – № 2. – С. 48-52. **6. Барзилович Е. Ю.** Модели технического обслуживания сложных систем / Е. Ю. Барзилович. – М.: Высш. шк. 1982. – 230 с.

ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ КОНТРОЛЬНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ РАКЕТНОГО ВООРУЖЕНИЯ

Юрий Борисович Прибылев (канд. техн. наук, доцент)

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

В статье предложен показатель, который позволяет оценить эффективность контроля зенитных управляемых ракет с помощью контрольно-испытательных станций. Получено выражение, которое учитывает стоимость потерь на ошибочные решения при использовании контроля, стоимость затрат на проведение контроля, качественные характеристики контрольно-испытательных станций. Исследованы возможные пути обеспечения заданной технической готовности зенитных управляемых ракет: повышение надежности зенитных управляемых ракет и создание ракет, восстанавливаемых при эксплуатации по результатам контроля технического состояния контрольно-испытательными станциями. Предложены выражения для расчета затрат при реализации этих путей обеспечения заданной технической готовности зенитных управляемых ракет. Количественные значения показателя эффективности контроля зенитных управляемых ракет с помощью контрольно-испытательных станций позволяют сделать сравнительный анализ эффективности применения разработанных перспективных универсальных контрольно-испытательных станций, определить рациональные конструктивные решения и осуществить их совершенствование. Это позволит определить условия целесообразности построения перспективных автоматизированных контрольно-испытательных станций ракетного вооружения.

Ключевые слова: контрольно-испытательная станция, эффективность, зенитная управляемая ракета.

ESTIMATION OF EFFICIENCY OF USE OF CONTROL AND TEST STATIONS

Yurii Pribyliev (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor)

The Ivan Cherniakhovsky National University of Defence of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Indicator of estimating the effectiveness of anti-aircraft missiles with the help of test stations was suggest in the article. The article describes the expression takes the cost of losses for erroneous decisions during control, and the quality characteristics of test stations. The possible ways of ensuring the specified technical readiness of anti-aircraft missiles are investigated: increasing the reliability of anti-aircraft missiles and creating missiles that are being restored during operation and providing the necessary technical readiness of anti-aircraft missiles together with test stations. Expressions are proposed for calculating costs in the implementation of these ways to ensure the specified technical readiness of anti-aircraft missiles. The quantitative values of the effectiveness of control of anti-aircraft missiles with the help of test stations can be calculated and allow us to make a comparative analysis of the effectiveness of the use of the developed promising universal test stations, to identify rational design solutions and to improve them. These technological advantages make it possible to build a promising universal unified reconfigurable automated control and test station. This makes it possible to diagnose bugs of all types of missiles of the Armed Forces of Ukraine.

Keywords: test station, efficiency, anti-aircraft missile.

References

1. Karpenko D.V. Stan ta perspektyvy rozvytku zenitnogo raketnogo ozbrojennja Povitrjanykh Syl Zbrojnykh Syl Ukrainy: Naukovyj zhurnal "Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України". 2017. №2(27). S.75–78. **2. Pribyljev Ju.B.,** Sakovyč L.V. Pidkhid do pobudovy unifikovanoji universalnoji avtomatyzovanoji kontroljno-vyprobuvalnoji stanciji raketnogo ozbrojennja: Naukovo-teoretyčnyj ta naukovo-praktyčnyj zhurnal "Наука і оборона". Kyjiv. 2017. №1. S. 42–48. **3. Arkhangheljskij Y. Y.** Proektyrovanye zenytnykh upravljaemykh raket. / Y. Y. Arkhangheljskij P. P. Afanasj'ev, Y. S. Gholubev, V. Gh. Svetlov y dr. – М.: МАИ, 2001. – 732 с. **4. Ghryb D. A.** Udoskonalennja

metodiv tekhnichnoji eksploataciji i remontu jak osnova pidtrymannja bojehotovogho stanu zenitnogo raketnogo ozbrojennja v suchasnykh umovakh [Tekst] / D. A. Ghryb, B. M. Lanecjkyj, V. V. Luk'janchuk // Nauka i obrona. – 2012. – №3. – S. 55-63. **5. Permjakov O. Ju.** Modelj systemy diahnostuvannja, tekhnichnogo obslughovuvannja ta remontu skladnykh tekhnichnykh system vijsjkovogho pryznachennja. / O. Ju. Permjakov, Ju. B. Pribyljev, O. O. Djubanov. // Nauka i obrona. – 2016. – №2. – S. 48-52. **6. Barzilovich E. Yu.** Modeli tehničeskogo obsluzhivaniya slozhnyh sistem / E. Yu. Barzilovich. – М.: Vyssh. shk. 1982. – 230 с.