

Ігор Борисович Кузнецов (кандидат технічних наук, доцент)

Андрій Олександрович Дядечко

Вадим Тадеушович Марценківський (кандидат технічних наук, доцент)

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

АЛГОРИТМ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Здійснення контролю за технічним станом озброєння та військової техніки, попередження передчасного виходу її з ладу та запобігання виникненню прихованих відмов в роботі апаратури є запорукою підтримання зразків озброєння, бойової та іншої техніки в постійній готовності до застосування за призначенням.

Уніфікація засобів контролю параметрів озброєння та військової техніки дозволить вирішити ряд суттєвих проблем які пов'язані з виготовленням, модернізацією та експлуатацією зразків озброєння та військової техніки, забезпечить своєчасне прийняття правильних рішень щодо технічного стану та необхідності здійснення технічного чи метрологічного обслуговування озброєння та військової техніки.

В статті запропонована узагальнена структура уніфікованої інформаційно-виміральної системи для контролю параметрів озброєння та військової техніки, а також обґрунтовано алгоритм контролю параметрів для неї із апостеріорною оцінкою достовірності контролю, використання якого дозволить виключити помилки 1-го і 2-го роду в ході проведення контролю параметрів озброєння та військової техніки та під час прийняття рішення щодо технічного стану конкретного зразка озброєння.

***Ключові слова:** інформаційно-виміральною системою, озброєння та військова техніка, контроль параметрів ОВТ, достовірність контролю.*

Вступ

Практично визначити реальний технічний стан зразка озброєння та військової техніки (ОВТ), готовність його до застосування за призначенням дозволяє контроль його параметрів, які в процесі експлуатації під впливом різних факторів, часу і режимів експлуатації можуть змінювати свої значення.

Впровадження стандартів НАТО в сфері оборони вимагає від нас здійснення певних кроків щодо модернізації існуючих та виготовлення нових зразків ОВТ, а також засобів її технічного обслуговування до яких відносяться виміральної прилади, системи та комплекси за допомогою яких здійснюється контроль параметрів ОВТ. Поряд з тим удосконалення потребують й способи здійснення контролю параметрів ОВТ, які б відповідали сучасним вимогам. В [1] передбачено створення нових та модернізацію існуючих засобів контролю параметрів ОВТ. Для цього необхідно врахувати необхідність уніфікації засобів та способів контролю для забезпечення можливості використання їх для контролю параметрів різноманітних типів ОВТ.

Постановка проблеми. Сучасний стан засобів контролю параметрів ОВТ, зокрема, бортового обладнання літаків, вертольотів, наземних систем управління зенітних ракетних комплексів тощо, характеризується застосуванням великого різноманіття вузькоспеціалізованого обладнання, експлуатаційно-ремонтних пультів, які додаються практично до кожного конкретного виробу, використанням засобів виміральної техніки військового призначення (ЗВТВП). Існуючі автоматизовані засоби контролю параметрів ОВТ також створювались окремо для конкретного типу або зразка.

Тому актуальною задачею є забезпечення ОВТ сучасними ефективними засобами контролю та побудова уніфікованої інформаційно-виміральної системи військового призначення (ІВС ВП), яка відповідатиме вимогам якісного контролю параметрів ОВТ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З розвитком інформаційних технологій досить великої актуальності набули питання автоматизованого контролю технічного стану

ОВТ.

Так, наприклад, в [5] розглядаються питання автоматизованого контролю технічного стану для можливості інтеграції зразків ОВТ, які знаходяться на озброєнні у Збройних Силах (ЗС) України, у середовище інтегрованої логістичної підтримки.

Разом з тим в [6, 7] автори досліджують показники точності засобів контролю в складі ІВС ВП та їх вплив на результати автоматизованого контролю параметрів ОВТ.

Питанням достовірності контролю параметрів приділяється увага лише в [3] де автор проводить аналіз алгоритмів контролю параметрів, проте не досліджується можливість застосування тих чи інших алгоритмів в ІВС ВП.

В проаналізованих джерелах не розглянуті структура та склад ІВС ВП.

Метою статті є окреслення складових частин ІВС ВП та обґрунтування алгоритму контролю параметрів ОВТ для неї.

Виклад основного матеріалу дослідження

Інформаційно-вимірювальна система – це сукупність функціонально об'єднаних засобів вимірювань різних фізичних величин, обчислювальних та інших допоміжних технічних засобів, призначена для отримання вимірювальної та іншої інформації про досліджуваній об'єкт в умовах його функціонування або зберігання, її перетворення і обробки з метою представлення

споживачеві в необхідному вигляді [2]. ІВС ВП використовуються для оцінки технічного стану зразків ОВТ та прийняття відповідного рішення щодо необхідності проведення їх технічного (метрологічного) обслуговування чи ремонту. Сучасні зразки ОВТ представляють собою складні вироби, виробництво, а особливо експлуатація яких потребує великих матеріальних витрат та суттєво залежить від засобів контролю, які знаходяться у військових частинах, ремонтних органах та на заводах виробниках.

За оцінкою вітчизняних та зарубіжних фахівців трудомісткість контрольних операцій при виробництві складного радіоелектронного обладнання складає понад 30% [4]. Також й під час експлуатації ОВТ для підтримання його працездатності й боєготовності необхідно проводити великий обсяг робіт щодо контролю технічного стану. Відсутність одноманітності способів й засобів контролю параметрів на всіх стадіях життєвого циклу ОВТ створює серйозні труднощі при його експлуатації та ремонті. Застосування ІВС ВП може дозволити значно знизити вартість експлуатації, в декілька разів зменшити трудомісткість контрольних-вимірювальних операцій при виробництві ОВТ.

Загальна структура ІВС ВП, що пропонується показана на рис. 1

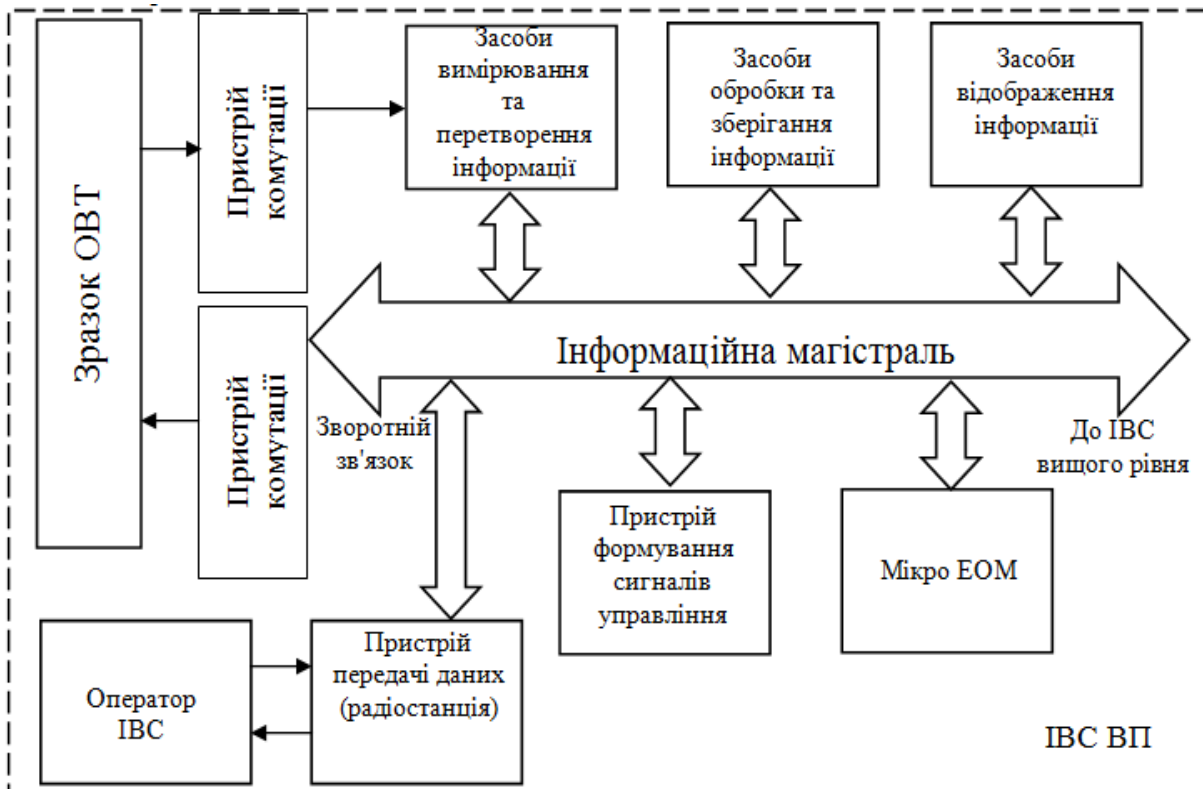


Рис. 1. Узагальнена структура ІВС ВП, що пропонується

Для зразків ОВТ вибір необхідної точності вимірювання параметрів є одним з найважливіших завдань. Це обумовлено тим, що від його вирішення залежать показники ефективності контролю – інформативність, оперативність і економічність. Однією з вимог побудови ІВС ВП є задана точність вимірювання параметрів ОВТ із визначеною достовірністю контролю.

Для ІВС ВП доцільно використовувати алгоритм контролю параметрів ОВТ з апостеріорною оцінкою достовірності контролю [3]. Це в свою чергу забезпечить прийняття правильного рішення щодо придатності зразка ОВТ до застосування за призначенням з високою імовірністю, тобто якщо всі параметри знаходяться в межах допуску і ймовірність невиявленої відмови $R_{пв}$ не більше допустимої, то зразок ОВТ є придатним до застосування за призначенням; якщо хоча б один параметр зразка ОВТ вийшов за межі свого допуску і ймовірність помилкової відмови $R_{пв}$ не більше допустимої, то зразок ОВТ є непридатним до застосування за призначенням.

Залежності апостеріорної ймовірності помилкової (1-го роду) α і невиявленої (2-го роду) β відмов від імовірності помилок контролю першого α_i і другого β_i роду за i -м параметром визначаються зі співвідношень

$$\alpha = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - \alpha_i) \quad (1)$$

$$\beta = \frac{\prod_{i=1}^N [P_{ci}(1 - \alpha_i - \beta_i) + \beta_i] - \prod_{i=1}^N (1 - \bar{P}_{ci})(1 - \alpha_i)}{1 - \prod_{i=1}^N (1 - \bar{P}_{ci})} \quad (2)$$

де: $\alpha_i = R_{пв} / P_c$;

$\beta_i = R_{пв} / (1 - P_c)$;

\bar{P}_{ci} – ймовірність того, що виміряне значення i -го параметру ОВТ знаходиться поза межами допуску;

$P_c = \prod_{i=1}^N P_{ci}$ – ймовірність того, що виміряні

значення всіх контрольованих параметрів знаходяться в межах допуску;

$\bar{P}_c = \prod_{i=1}^N \bar{P}_{ci} = 1 - P_c$ – ймовірність того, що

виміряне значення хоча б одного контрольованого параметру знаходиться поза межами допуску.

Аналіз співвідношення (2) показує, що другий доданок чисельника є рівним нулю, якщо хоча б один контрольований параметр знаходиться за межами свого допуску, тобто $\bar{P}_{ci} = 1$. Знаменник у цьому випадку дорівнює одиниці. Якщо всі виміряні контрольовані параметри знаходяться в

межах допусків, то при контролі можлива тільки помилка контролю першого роду, і її визначають за формулою (1). Якщо виміряне значення хоча б одного контрольованого параметру знаходиться за межами допуску, то при контролі можлива помилка контролю другого роду, і її визначають за співвідношенням (2).

За допустимими значеннями апостеріорної ймовірності помилок контролю першого $\alpha^\partial = R_{пв}^\partial / P_c$ і другого $\beta^\partial = R_{пв}^\partial / \bar{P}_c$ роду визначимо вимоги до показників достовірності контролю кожного параметру ОВТ

$$1 - \prod_{i=1}^N (1 - \alpha_i) \leq \alpha^\partial$$

$$\frac{\prod_{i=1}^N [P_{ci}(1 - \alpha_i - \beta_i) + \beta_i] - \prod_{i=1}^N (1 - \bar{P}_{ci})(1 - \alpha_i)}{1 - \prod_{i=1}^N (1 - \bar{P}_{ci})} \leq \beta^\partial$$

При використанні апостеріорної оцінки достовірності результату контролю граничні значення помилок контролю за кожним параметром ОВТ є рівними допустимій ймовірності помилкової та невиявленої відмов зразка ОВТ в цілому: $\alpha_i^\partial = \alpha^\partial$; $\beta_i^\partial = \beta^\partial$.

Це можна пояснити наступним чином: відповідно до формули (1) ймовірність помилки контролю першого роду не може перевищувати ймовірність помилкової відмови за кожним параметром, оцінка ймовірності невиявленої відмови (2) у процесі контролю дозволяє не вводити жорсткіші обмеження на ймовірність невиявленої відмови за кожним параметром, ніж на ймовірність такої відмови зразка ОВТ в цілому. Граничні значення похибки вимірювання кожного параметру, допуску на ці параметри, а отже, і необхідна точність вимірювального контролю, визначається за допомогою розв'язання системи рівнянь

$$\begin{cases} \alpha^\partial = \int_{-d_i}^{d_i} \phi(x_i) \left[\int_{-\infty}^{-d_i-x_i} \phi(\Delta_i) d\Delta_i + \int_{d_i-x_i}^{\infty} \phi(\Delta_i) d\Delta_i \right] dx_i \\ \beta^\partial = \int_{-\infty}^{-d_i} \phi(x_i) \int_{-d_i-x_i}^{d_i-x_i} \phi(\Delta_i) d\Delta_i dx_i + \\ + \int_{d_i}^{\infty} \phi(y_i) \int_{-d_i-x_i}^{d_i-x_i} \phi(\Delta_i) d\Delta_i dx_i \end{cases} \quad (3)$$

де: $\phi(x_i)$ – функція розподілу щільності ймовірності контрольованих параметрів ОВТ;

$\phi(\Delta_i)$ – функція розподілу похибки вимірювань контрольованих параметрів ОВТ;

d_i – значення симетричного допуску на i -й

параметр, $i = 1, N$;

x_i, y_i – виміряні значення параметрів ОВТ.

Із системи рівнянь (3) можна визначити значення контрольного допуску i середнє квадратичне відхилення похибки вимірювання кожного контрольованого параметра зразка ОВТ. Математичне очікування похибки вимірювання приймається рівним нулю, тобто передбачається введення поправки на систематичну складову похибки.

Таким чином, алгоритм контролю параметрів ОВТ з апостеріорною оцінкою достовірності контролю має наступні переваги:

необхідна точність вимірювання параметрів контролю не залежить від їх загальної кількості;

забезпечується необхідна достовірність контролю кожного параметра;

відсутність інформації про закони розподілу контрольованих параметрів практично не впливає на необхідну точність вимірювань.

Блок-схема запропонованого алгоритму контролю параметрів зразка ОВТ представлена на рис.2.



Рис. 2. Блок-схема алгоритму контролю параметрів ОВТ, що пропонується.

Алгоритм контролю параметрів ОВТ визначає множину контрольованих параметрів, послідовність їх вимірювання й обробки результатів вимірювань. При здійсненні контролю параметрів зразка ОВТ для досягнення високої достовірності контролю передбачається багаторазове вимірювання контрольованих параметрів або зміна методу виконання вимірювання.

Оцінка стану параметрів ОВТ, значення яких

вимірюється, виконується шляхом порівняння їх можливих значень з допустимими межами відхилень, які встановлені для цих параметрів. Інформація про стан параметрів обробляється в ІВС ВП для прийняття рішення про технічний стан зразка ОВТ та про необхідність здійснення його технічного та метрологічного обслуговування.

Технічний стан ОВТ визначається за великою кількістю параметрів контролю, еталонні значення і допустимі межі відхилення яких вносяться в базу

даних про параметри зразка ОВТ яка в свою чергу інтегрується в ІВС ВП. Якщо хоча б один з параметрів зразка ОВТ не відповідає еталонному значенню в базі даних (тобто знаходиться за межами допустимих значень), то зразок ОВТ визнається непридатним до застосування. процесі аналізу параметрів контролю ОВТ може бути отримана інформація про очікуваний розвиток існуючих або майбутніх відмов. Уся отримана вимірювальна інформація фіксується, аналізується для прийняття рішення щодо необхідності проведення технічного та метрологічного обслуговування та накопичується для отримання статистичних даних про несправності та дрейфу параметрів конкретного зразка або групи зразків ОВТ.

Література

1. Державна програма розвитку Збройних Сил України на період до 2020 року. 2. ДСТУ 2681-94 Державний стандарт України. Метрологія. Терміни та визначення. 3. Стаднік В.В. Аналіз алгоритмів вимірювального контролю параметрів складної технічної системи: Науковий журнал "Автомобильный транспорт". 2012. № 30. С. 83–86. 4. Васильков В.Г. Організація і управління процесами виробництва. / В.Г.Васильков, Н.В.Василькова. // Навчальний посібник. – Київ: КНЕУ, 2011. – 503 с. 5. Воїнов В.В. Автоматизований контроль технічного стану зразка ОВТ, як одна з умов інтеграції до середовища CALS. / В.В.Воїнов, М.Б.Бровко,

Висновки й перспективи подальших досліджень

Таким чином, використання ІВС ВП та запропонованого алгоритму контролю параметрів ОВТ в ній дасть змогу усунути недоліки пов'язані зі складностями прийняття рішення про стан зразка ОВТ за великих імовірностей помилок та необхідністю виконання обчислень в процесі контролю, здійснювати контроль параметрів ОВТ з високою точністю вимірювань та високою достовірністю контролю, дозволить виконувати управління вимірюваннями параметрів, що контролюються (визначення розвитку можливих несправностей), контроль, відображення результатів контролю, тестування та управління технічним та метрологічним обслуговуванням.

Д.М.Запара. // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2015. – № 1 (18). – С. 178-181. 6. Прибілєв Ю.Б. Метрологічна надійність інформаційно-вимірювальних систем військового призначення: Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. 2014. № 3 (21). С. 27-30. 7. Скопінцев О.О. Вплив контролю технічного стану озброєння та військової техніки на їх бойову готовність. / О.О.Скопінцев, Г.В.Рибалка, С.М. Швидков. // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2016. - № 3 (48). – с. 30-33.

АЛГОРИТМ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Игорь Борисович Кузнецов (кандидат технических наук, доцент)

Андрей Александрович Дядечко

Вадим Тадеушевич Марценкиевский (кандидат технических наук, доцент)

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

Осуществление контроля за техническим состоянием ВВТ, предупреждения преждевременного выхода ее из строя и предотвращения возникновения скрытых отказов в работе аппаратуры является залогом поддержания образцов ВВТ в постоянной готовности к применению по назначению.

Унификация средств контроля параметров ВВТ позволит решить ряд существенных проблем, которые связаны с изготовлением, модернизацией и эксплуатацией образцов ВВТ, обеспечит своевременное принятие правильных решений относительно технического состояния и необходимости осуществления технического или метрологического обслуживания ВВТ.

В статье предложена обобщенная структура унифицированной информационно-измерительной системы для контроля параметров ВВТ, а также обоснованно алгоритм контроля параметров для нее с апостериорной оценкой достоверности контроля, использование которого позволит исключить ошибки 1-го и 2-го рода в ходе проведения контроля параметров ВВТ и при принятии решения относительно технического состояния конкретного образца вооружения.

Ключевые слова: информационно-измерительная система, вооружение и военная техника, контроль параметров ВВТ, достоверность контроля.

ALGORITHM FOR CONTROLLING THE PARAMETERS OF ARMS AND ARMAMENT FOR THE MILITARY INFORMATION-MEASURING SYSTEM

Igor Kuznetsov (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor)

Andrii Diadechko

Vadym Martsenkivskii (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor)

National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

Controlling the technical condition of weapons and military equipment, preventing its early failure and preventing the occurrence of hidden failures in the equipment is a key to maintaining samples of weapons, military and other equipment in constant readiness for its intended use.

The unification of the control parameters of weapons and military equipment will solve a number of significant problems related to the manufacture, modernization and operation of samples of weapons and military equipment, ensure timely decision-making about the technical condition and the need for technical or metrological maintenance of weapons and military equipment.

The article presents a generalized structure of a unified information-measuring system for controlling the parameters of weapons and military equipment, as well as the algorithm of parameter control for it with a posteriori estimation of the reliability of control, which will allow to eliminate errors of the 1st and 2nd kind during the control of parameters weapons and military equipment and when deciding on the technical condition of a specific weapon model.

Keywords: *information-measuring system, armament and military equipment, control of parameters, reliability of control.*

References

1. Derzhavna programa rozvytku Zbrojnyh Syl Ukrainy na period do 2020 roku. **2. DSTU 2681-94** Derzhavnyi Standart Ukrainy. Metrologija. Terminy ta vyznachennia.
3. **Stadnik V.V.** Analysis of algorithms for measuring control parameters of complex technical system. [Naukovii zhurnal "Avtomobilnyi transport"]. 2012. № 30. p. 83-86.
4. **Vasylov V.G.** Organization and management of production processes. / V.G.Vasylov, N.V.Vasylova. // [Navchalnyi posibnyk.] – Kyiv: KNEU, 2011. – 503 p.
5. **Vojinov V.V.** Automated control of the technical condition of the sample of weapons and military equipment as one of the conditions for integration into the CALS environment. / V.V.Vojinov, M.B.Brovko, D.M. Zapara. // [Nauka i tehnika Povitrianyh Syl Zbrojnyh Syl Ukrainy.] – 2015. - №1 (18). – p. 178-181.
6. **Pribylev Yu.B.** Metrological reliability of military information and measurement systems: [Suchasni informatsijni tehnologiji u sferi bezpeky ta oborony.] 2014. №3 (21). p. 27-30.
7. **Skopintsev O.O.** The influence of control of the technical condition of weapons and military equipment on their combat readiness. / O.O. Skopintsev, G.V.Rybalka, S.M.Shvydkov. // [Zbirnyk naukovyh prats Harkivskogo universytetu Povitrianyh Syl.] – 2016. - №3 (48). – p. 30-33.