

УДК 623.618.5

В.В. Воїнов, М.Б. Бровко, Д.М. Запара

*Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків*

## **АВТОМАТИЗОВАНИЙ КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЗРАЗКА ОБТ, ЯК ОДНА З УМОВ ІНТЕГРАЦІЇ ДО СЕРЕДОВИЩА CALS**

*У статті розглядається питання організації систем вбудованого контролю зразків озброєння і військової техніки (ОВТ). Визначаються основні недоліки, що заважають інтеграції комплексів і систем озброєння виробництва часів СРСР до загальносвітових систем типу CALS. Вказуються загальні напрямки розвитку систем технічної діагностики. На підставі аналізу визначені найбільш доцільні методи діагностичного контролю автоматизованим або автоматичним способом. Особлива увага звертається на той факт, що саме інформація про технічний стан зразків ОБТ, що надається автоматично засобами діагностичного контролю, і є тим зворотнім зв'язком, що пов'язує військові частини з представниками промисловості та конструкторськими колективами. Робиться висновок, що розвиток та широке впровадження систем автоматизованого контролю та діагностики дозволить наблизити деякі питання технічного забезпечення до стандартів, прийнятих у провідних країнах – членах систем колективної безпеки.*

**Ключові слова:** *контроль технічного стану, інтегрована логістична підтримка, CALS.*

### **Постановка проблеми**

В останні часи набули інтенсивності процеси подальшої інтеграції України та її Збройних Сил до європейської та світової систем колективної безпеки. Тому дедалі актуальнішим для Збройних Сил України постає питання пристосування систем, комплексів та зразків озброєння і військової техніки (ОВТ), що є на озброєнні, до вимог систем інтегрованої логістичної підтримки (ЛПІ) або, за західною термінологією – Continuous Acquisition Logistic Support (CALS). Тенденція ця обумовлена низкою об'єктивних факторів, а саме: міжнародним співробітництвом України у військово-технічній сфері, що дедалі поширюється; закупівлею за кордоном новітніх зразків озброєння та постачання їх у війська; виходом вітчизняної продукції оборонного призначення на світові ринки; загальною глобалізацією світових ринків інформаційних та логістичних послуг а також подальшим поширенням та здешевленням засобів автоматизації та обробки інформації. Стосунки, відносини, умови, якими регламентується знаходження зразка ОБТ в середовищі CALS, найбільш повно відображені у стандарті Defence Standard 00-60 "Integrated Logistic Support" міністерства оборони Великої Британії [1].

З метою ефективної військово-технічної співпраці, виконання завдань у складі багатонаціональних військових контингентів в світі, що глобалізується, всі зразки ОБТ, які приймаються на озброєння, на етапі проектування та створення модельних екземплярів повинні відповідати вимогам CALS, а ті, що є на озброєнні, повинні пристосовуватись до існуючих вимог, як це робиться наразі у США, Великобританії, Російській Федерації [2, 3].

Інтеграція нових вітчизняних зразків ОБТ до цього інформаційного середовища надасть їм ряд беззаперечних переваг як під час експлуатації всередині держави, що пов'язано з здешевленням життєвого циклу, так і під час виходу на світові ринки озброєння, що пов'язано із конкурентоздатністю в питаннях безперервного обслуговування та технічної підтримки.

Окремим питанням постає інтеграція наявних в Збройних Силах зразків ОБТ, що розроблені та прийняті на озброєння за часів СРСР. Труднощі полягають у відсутності електронних баз даних цих зразків озброєння, частково втраченій експлуатаційній та ремонтній документації, недосконалістю систем контролю функціонування та технічного стану. Однією з необхідних умов інтеграції існуючих зразків ОБТ до середовища CALS, особливо таких складних як РЛС, ЗРК, повітряні та морські судна, є наявність вбудованої системи контролю, моніторингу та діагностики фактичного технічного стану зразка ОБТ з можливістю автоматичної видачі інформації споживачу [4]. Тому тема даної статті є актуальною.

### **Виклад основного матеріалу**

Контролем технічного стану називають процес встановлення відповідності між станом об'єкту контролю та завчасно заданими допусками шляхом отримання сигналів про значення параметрів, що контролюються, порівняння значень параметрів з допусками, формування та видачу висновку про результат. Тобто, внаслідок контролю отримують деяке судження, яке дає уяву про технічний стан об'єкта, що контролюють. Але, як свідчить досвід експлуатації, в багатьох випадках недостатньо лише встановлення стану зразку ОБТ. Для найшвидшого

відновлення працездатності зразку ОВТ необхідно виявити елементи або блоки, що стали причиною відмови. Такий розвиток засобів контролю є формуванням системи діагностики [5].

Контроль зразка ОВТ пов'язаний з проведенням перевірок його різних функціональних елементів. Перевіркою є комплекс заходів, що проводиться з метою визначення вихідних реакцій одного або декількох функціональних елементів на вхідний вплив з відомими характеристиками.

Впорядковану сукупність перевірок називають програмою контролю зразка ОВТ. Оптимальною програмою контролю називають таку програму, яка має найменшу вартість.

Контроль працездатності проводиться кожного разу перед застосуванням зразка ОВТ, періодично під час зберігання та при технічному обслуговуванні.

У випадку відмови зразка ОВТ необхідно вдаватися заходів щодо відновлення його працездатного стану, для чого потрібне знання причини та місця відмови. Процес пошуку причини та місця відмови є діагностичним контролем. Як правило, відмова у сучасному зразку ОВТ відшукується з точністю до окремого блоку, який замінюється на справний, після чого продовжується пошук несправності у блоці, що відмовив, та його ремонт. Така процедура викликана необхідністю підтримання високої готовності зразків ОВТ. Всі методи діагностичного контролю ґрунтуються або на аналізі фізичних процесів, що відбуваються в апаратурі, або на аналізі статистичних даних про відмови.

З усієї множини методів діагностичного контролю, на наш погляд, в системі, де передбачається висока автоматизація процесів технічного обслуговування і ремонту, найбільш доцільні наступні: метод послідовної поелементної перевірки, та метод «час - ймовірність».

Метод послідовної поелементної перевірки полягає у послідовній перевірці елементів; при виявленні елементу, що відмовив, несправність усувається та продовжується перевірка наступних елементів. Так відбувається до того часу, поки не будуть знайдені та відновлені всі несправні елементи.

В цьому методі максимальна кількість перевірок, що необхідні для виявлення відмов всіх  $N$  функціональних елементів, дорівнює  $N$ . Таким чином, максимальна кількість перевірок росте пропорційно кількості елементів. Середня кількість перевірок визначається відношенням:

$$N_{\text{сеп}} = \frac{N^2 + N - 2}{2N}, \quad (1)$$

при  $N \rightarrow \infty, N_{\text{сеп}} \rightarrow \frac{N + 1}{2}$ .

За умови рівності часових затрат на кожен перевірку та умовних ймовірностей відмов різних фу-

нкціональних елементів, середній час пошуку несправності дорівнюватиме:

$$T_{\text{сеп}} = \frac{t_{\text{п}}(N^2 + N - 2)}{2N}, \quad (2)$$

де  $t_{\text{п}}$  - час виконання перевірки одного функціонального елементу.

За умови наявності великої кількості елементів:

$$T_{\text{сеп}} = \frac{t_{\text{п}}(N + 1)}{2}, \quad (3)$$

Перевагою такого методу перевірки є проста пошуку відмови у радіотехнічній системі, недоліком – те, що даний метод не враховує ймовірність відмов різних функціональних елементів, та не оптимізується за критерієм часу.

Метод «час - ймовірність» є різновидом методу поелементної перевірки. Він полягає у перевірці елементів в порядку зростання відношення часу перевірки  $t_{\text{п}}$  до умовної ймовірності його відмови  $P_{\text{В}}$ .

Обрана за таким принципом послідовність перевірок дозволяє виявити будь-який елемент, що відмовив у системі. Максимальна кількість перевірок, що необхідні для виявлення будь-якого елементу, що відмовив,  $N_{\text{МАКС}} = N$ . Вона не залежить від порядку виконання перевірок, а визначається кількістю функціональних елементів об'єкту контролю.

Середній час виявлення несправного функціонального елементу

$$T_{\text{сеп}} = \sum_{i=1}^N P_{\text{В}i} t_{\text{п}i}, \quad (4)$$

При застосуванні цього методу необхідно проводити окрему перевірку кожного функціонального елементу. На практиці такі перевірки об'єкту контролю можливі, якщо окремі елементи не пов'язані або слабо пов'язані між собою.

Перевагою цього методу є оптимізація пошуку відмови за середнім часом. Недоліком – складність реалізації в об'єктах контролю з великою кількістю елементів.

Зі збільшенням складності об'єктів контролю збільшується кількість параметрів, що контролюються, а отже збільшується час та вартість контролю. Вартість контролю практично лінійно залежить від кількості контрольованих параметрів. Час контролю має більш складну залежність.

Складність та мініатюрність сучасного радіоелектронного та радіотехнічного обладнання практично унеможливають контроль його параметрів людиною. Тому необхідним є включення до складу технічної системи військового призначення підсистеми автоматичного контролю параметрів ще на етапі проектування.

Вибір принципів побудови автоматичних пристроїв пошуку відмов залежить від типу об'єкту

контролю та вимог, що висуваються до апаратури контролю. При розробці цих пристроїв необхідно наперед вибрати параметри для індикації.

При контролі працездатності радіотехнічного засобу можливо виділити дві основні групи параметрів: активні та пасивні. До активних параметрів належать струми, напруги, частоти та потужності сигналів, до пасивних – опори, індуктивності, ємності елементів.

Для використання з метою контролю працездатності пропонується дві загальні схеми індикації відмов – активна (рис. 1) та пасивна (рис. 2). Відмінність схем індикації полягає в наявності генератору стимулюючого впливу, що є в пристрої індикації стану пасивних параметрів та генерує стандартні еталонні сигнали. На практиці пристрої індикації відмов будуються за комбінованою схемою, тому що звичайно у складному пристрої потрібно контролювати стан як пасивних, так і активних елементів.

Інформація, яку отримують за час експлуатації зразку ОБТ при періодичному контролі його стану, містить важливі статистичні дані про стабільність параметрів та характеристик його систем, про найбільш ненадійні вузли та блоки, про частоту відмов окремих елементів, про вплив різних метеорологічних та інших дестабілізуючих факторів на працездатність його апаратури.

Саме ця інформація є “зворотнім зв’язком” у системі CALS між зразком ОБТ та підприємствами – розробниками та виробниками ОБТ. В системі CALS, на основі мережевих засобів зв’язку, обробки та зберігання інформації, створюється база даних зразку ОБТ. На основі даної інформації підприємства – розробники та виробники виявляють недопрацювання у конструкції виробу, який щойно пішов у експлуатацію, визначають шляхи доцільної модернізації виробництва. За умови накопичення певного обсягу інформації, вона підлягає статистичній обробці з метою отримання додаткових експлуатаційних характеристик.

Внаслідок обробки інформації визначаються:

- статистичні оцінки параметрів та характеристик апаратури;
  - стабільність параметрів в залежності від часу;
  - відповідність допусків на параметри фактичному “дрейфу” параметрів в залежності від часу експлуатації;
  - вплив дестабілізуючих факторів (температура, вологість, тиск, зміна частот напруги живлення та ін.), на зміну контрольованих параметрів;
  - контролепридатність та ремонтпридатність зразку озброєння;
  - фактична витрата запасних елементів та приладдя за номенклатурами;
  - низьконадійні елементи, модулі, блоки, вузли, агрегати;
  - недоліки в організації системи експлуатації.
- Отриману інформацію підприємство – розробник додатково аналізує та оброблює з метою вирішення наступних завдань:
- розробка норм надійності апаратури зразків ОБТ;
  - визначення гарантійних строків служби та технічного ресурсу зразків ОБТ;
  - планування ремонту зразків ОБТ;
  - розробка заходів щодо попередження відмов;



Рис. 1. Схема індикації відмов пасивних елементів

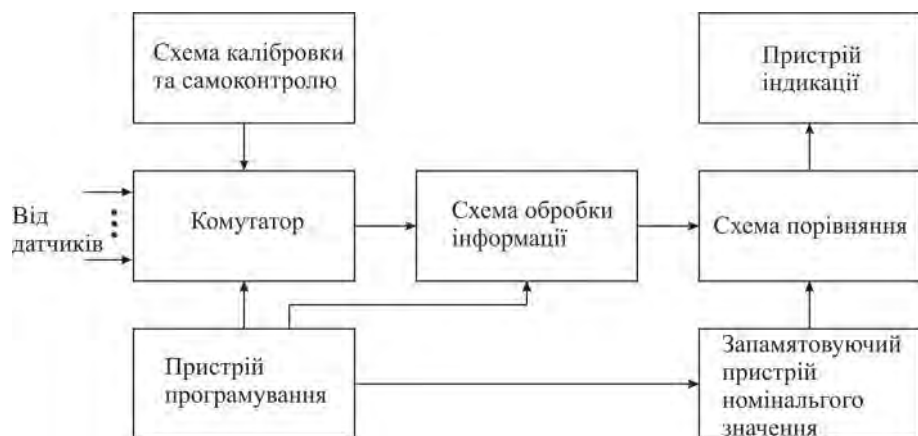


Рис. 2. Схема індикації відмов активних елементів

- розрахунок потрібної кількості запасних елементів для підтримання даного зразку ОВТ у справному стані;
- планування організації процесу експлуатації зразку ОВТ.

На озброєнні у ЗСУ є доволі багато зразків ОВТ, випуск (виробництво) яких вже припинено. Закупівля нових зразків, що прийдуть їм на заміну, процес тривалий. Тому доцільним є розробка і впровадження автоматизованих засобів функціонального контролю та діагностики, пов'язаних з мережевими засобами комунікації. Наявність таких засобів дозволить включати навіть застарілі зразки озброєння до середовища інтегрованої логістичної підтримки шляхом здійснення безперервного зворотнього зв'язку між експлуатантами зразків ОВТ та підприємствами, що здійснюють технічне забезпечення і ремонт. Таким чином може бути здійснене наближення до вимог щодо управління життєвим циклом зразку озброєння відповідно до стандартів НАТО [6].

### Висновки

Як було вже зазначено, наявність вбудованої системи контролю, моніторингу та діагностики фактичного технічного стану зразку ОВТ є не бажаним, а необхідним фактором для інтеграції цього зразку до системи CALS. У даній статті було розглянуто декілька принципів організації та реалізації вбудованого контролю складних радіотехнічних комплексів. Насправді існує багато варіантів контролю, в залежності від складності та принципів побудови

радіотехнічного комплексу. Перелічені у статті, на думку авторів, є найбільш доцільними.

Очевидним вважається те, що лише за допомогою автоматичних засобів діагностики можлива інтеграція зразків озброєння до мережесистем забезпечення безвідмовної експлуатації типу CALS.

### Список літератури

1. *Integrated logistic support / Ministry of Defence / Defence Standart 00-60. Issue 5 Publication Date 24 May 2002.*
2. *Dombrowski Peter J. Military Transformation and the Defense Industry after Next / Peter J. Dombrowski, Eugene Gholz, Andrew L. Ross – Newport, Rhode Island: Center for Naval Warfare Studies, 2003. – 120 p.*
3. Судов Е.В. Концепция развития CALS-технологий в промышленной России / Е.В. Судов, А.И. Левин. – М.: НИИ CALS-технологий “Прикладная логистика”, 2002. – 102 с.
4. Воїнов В.В. Інтегрована логістична підтримка зразків озброєння та військової техніки / В.В. Воїнов, М.Б. Бровко, Д.М. Запара // Системи озброєння і військова техніка. – 2014. – № 1(37). – С. 12-15.
5. Надежность и эффективность в технике: справочник в 10 т. / [под ред. А. И. Ремезы]. – М.: “Машиностроение”, 1986 – Т. 1: Методология. Организация. Терминология. – 1986. – 224 с.
6. *Configuration management guidance. Military handbook / Department of Defence / MIL-HDBK-61B. Publication Date 10 September 2002.*

Надійшла до редколегії 4.02.2015

**Рецензент:** д-р військ. наук проф. Г.А. Дробаха, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБРАЗЦА ВВТ, КАК ОДНО ИЗ УСЛОВИЙ ИНТЕГРАЦИИ В СРЕДУ CALS

В.В. Воинов, М.Б. Бровко, Д.М. Запара

*В статье рассматриваются вопросы организации систем встроенного контроля образцов вооружения и военной техники (ВВТ). Определены основные недостатки, препятствующие интеграции комплексов и систем вооружения производства СССР в общемировые системы типа CALS. Указываются основные направления развития систем технической диагностики. На основании анализа определены наиболее целесообразные методы диагностического контроля автоматизированным или автоматическим способом. Особое внимание обращается на тот факт, что именно информация о техническом состоянии образцов ВВТ, предоставляемая автоматическими средствами диагностического контроля и есть той обратной связью, которая связывает воинские части с представителями промышленности и конструкторскими коллективами. Делается вывод, что развитие и широкое внедрение систем автоматизированного контроля и диагностики позволяют приблизить некоторые вопросы технического обеспечения к стандартам, принятым в ведущих странах – членах системы коллективной безопасности.*

**Ключевые слова:** контроль технического состояния, интегрированная логистическая поддержка, CALS.

### AUTOMATED CONTROL OF TECHNICAL STATE OF A WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT MODELS AS ONE OF THE CONDITIONS OF CALS ENVIRONMENT INTEGRATION

V.V. Voinov, M.B. Brovko, D.M. Zapara

*The article deals with built-in control systems organization of weapons and military equipment. The main weaknesses that prevent integration systems and weapons systems of USSR production in the global system such as CALS. Authors identifies the main directions development of technical diagnostics systems. The most appropriate method of diagnostic monitoring automated or automatic way based on this analysis. Particular attention is drawn to the fact that it is the information of weapons and military equipment technical condition, which provided by automatic means of diagnostic testing, is that feedback that links military units with industry and design teams. It is concluded that the development and widespread adoption of automated systems for monitoring and diagnostics allow to approach some issues technical support to the standards adopted in the leading countries - members of the collective security system.*

**Keywords:** control of technical state, integrated logistic support, CALS.