

УДК 621.396.967

Р. М. ЖИВОТОВСЬКИЙ,

кандидат технічних наук,

С. М. ПЕТРУК, старший науковий співробітник

(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

М. М. НІКІФОРОВ, кандидат військових наук

(Військовий інститут Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, м. Київ)

Особливості вдосконалення і розвитку системи діагностичного забезпечення на основі методу інтелектуальної підтримки

Досліджений метод реалізації нових інформаційних технологій на етапі експлуатації зенітного ракетного озброєння, який дозволяє обґрунтувати загальний стан з оцінки якості функціонування системи інтелектуальної підтримки процесу експлуатації і сформулювати основні принципи технічної діагностики озброєння.

Ключові слова: зенітне ракетне озброєння, технічна діагностика, експлуатаційна документація, діагностичні параметри, тактико-технічні характеристики.

Исследован метод реализации новых информационных технологий на этапе эксплуатации зенитного ракетного вооружения, который позволяет обосновать общее состояние оценки качества функционирования системы интеллектуальной поддержки процесса эксплуатации и сформулировать основные принципы технической диагностики вооружения.

Ключевые слова: зенитное ракетное вооружение, техническая диагностика, эксплуатационная документация, диагностические параметры, тактико-технические характеристики.

Досвід бойового застосування зенітних ракетних систем та комплексів, що знаходяться на озброєнні Збройних Сил України, у ході проведення антитерористичної операції на сході України показав, що вдосконалення і модернізація зазначеного зенітного ракетного озброєння (ЗРО) повинно здійснюватися не лише відомими «класичними» напрямками, пов'язаними з підвищенням характеристик вогневих можливостей, але й у напрямі підвищення експлуатаційних характеристик – впровадження вже існуючої системи технічної діагностики (СТД) у реальному масштабі часу. Експлуатація переважної кількості типів існуючого ЗРО характеризується відсутністю необхідних засобів автоматизації, в першу чергу щодо збору, аналізу і узагальнення даних про технічний стан зразків ЗРО, про наявність засобів технічного забезпечення. Це призводить до значних часових витрат на підготовку рішень щодо застосування сил і засобів технічного забезпечення, нерационального використання обмежених матеріальних і людських ресурсів.

У зв'язку з цим великий інтерес становить проблематика вдосконалення і розвитку існуючих зразків ЗРО на основі інтелектуалізації процесів їх експлуатації.

Проведений аналіз існуючого ЗРО промислово розвинених країн показав, що основні тактико-технічні характеристики зенітних ракетних систем та комплексів, що знаходяться на озброєнні Збройних Сил України, відповідають сучасним вимогам озброєної боротьби та перспективним рівням розвитку засобів повітряного нападу інших держав [1, 2]. У той же час, рівень оснащення вітчизняного ЗРО сучасними технічними засобами, що забезпечують інтелектуалізацію процесів їх експлуатації, істотно поступається найбільш досконалим зарубіжним аналогам.

Мета роботи – проаналізувати особливості методу реалізації нових інформаційних технологій спільно з макетом електронних форм експлуатаційної документації на етапі експлуатації зенітних ракетних систем та комплексів, що знаходяться на озброєнні Збройних Сил України.

Широкомасштабне використання обчислювальної техніки і процесів автоматизації спричиняє впровадження сучасних методів і способів збору, зберігання, пошуку, обробки і видачі інформації в реальному масштабі часу, що і забезпечує інтелектуалізацію етапів життєвого циклу озброєння. У цих умовах актуальним і перспективним напрямом вдосконалення системи технічного забезпечення і експлуатаційного середовища в цілому є впровадження в ці сфери інформаційних технологій, що забезпечують підтримку життєвого циклу озброєння та техніки на етапі їх експлуатації. Внаслідок того, що сучасні зразки озброєння та військової техніки (ОВТ) являють собою складні технічні системи, їх експлуатація повинна враховувати величезну кількість чинників, що впливають на ефективність цього процесу.

Стосовно процесів експлуатації ОВТ інтелектуалізація може включати ряд функцій, у тому числі: забезпечення об'єктивного контролю ОВТ у реальному масштабі часу (система технічної діагностики), спрямованого на підвищення якості технічного забезпечення і

збільшення часу експлуатації ОВТ; використання інтерактивного електронного технічного керівництва з експлуатації, призначеного для впорядкування організації експлуатаційного середовища і, як наслідок, підвищення бойової готовності.

Пропонований метод реалізації нових інформаційних технологій на етапі експлуатації ОВТ включає:

аналіз стану системи технічного забезпечення ОВТ (на прикладі зенітного ракетного озброєння);

формування основних принципів технічної діагностики ОВТ;

формування структури даних інтерактивного електронного технічного керівництва (ІЕТК) для різних етапів експлуатації ОВТ та формування призначених для користувача інтерфейсів різних предметних областей.

Реалізацію системи об'єктивного контролю доцільно здійснювати у вигляді СТД у реальному масштабі часу. Принцип дії СТД базується на основних ідеях теорії розпізнавання об'єктів і явищ (розпізнаванні образів). Фундаментальними поняттями теорії розпізнавання є алфавіт класів і словник ознак [7]. У процесі експлуатації об'єкта ОВТ – радіоелектронної апаратури – здійснюється її діагностування з метою контролю працездатності (КР) або пошуку несправності (ПН) у разі, якщо об'єкт непрацездатний. Стан працездатності або непрацездатності (несправності) об'єкта визначається за сукупністю його діагностичних параметрів. Поняття діагностичного параметра (ДП) передбачає вимір деякої фізичної величини і порівняння її з межами області допустимих значень [3, 4]. Відмінність полягає тут тільки в цілях і можливостях застосування параметрів.

Нехай є деяка сукупність об'єктів, що в цілому має деякі аналогічні або близькі властивості. Наприклад, сукупність зенітних керованих ракет. Нехай з тих або інших міркувань вибраний принцип класифікації цих об'єктів, тобто принцип розподілу їх на класи. Вибір принципу класифікації в загальному випадку повинен визначатися тим набором управлінських рішень, яке потенційно має система управління, що знаходиться над системою розпізнавання і приймає управлінські рішення залежно від результатів розпізнавання невідомих об'єктів, явищ, ситуацій, процесів.

Нехай зроблений підрозділ початкової множини об'єктів на класи, тобто складений алфавіт класів. У технічній діагностиці класи технічних станів об'єкта діагностики (ОД) відповідають його справному стану і наявності конкретних несправностей або їх деяких сукупностей.

Словник діагностичних ознак є сукупністю ознак, якими характеризуються як самі об'єкти, так і їх класи. Це можуть бути, наприклад, параметри вібраційних характеристик, акустичної емісії, напруги в елементах конструкції і т. п. Помітимо, що деякі з ознак можуть мати кількісний вираз, а інші – якісний. Наявність алфавіту класів і словника ознак дозволяє зробити опис кожного класу на мові ознак. Діагностичні ознаки можуть бути підрозділені на детерміновані, імовірнісні, логічні. Введення в розгляд алфавіту класів і словника ознак дозволяє скласти опис кожного класу на мові ознак, тобто

побудувати апріорні залежності. Конкретний вид цих залежностей визначається характером ознак.

Для класу систем зенітна ракетна система (комплекс), що розглядається, як діагностичні ознаки доцільно вибирати відповідність напруги в контрольних точках радіоелектронної апаратури встановленим номіналам, наприклад, струми зміщення НВЧ приладів, рівні порогової напруги і тому подібне (детерміновані ознаки), відхилення значень напруги і струмів у контрольних точках (імовірнісні ознаки), неприпустимі поєднання напруги в декількох контрольних точках, логічні команди і сигнали в їхній часовій послідовності (логічні ознаки). Конкретний склад діагностичних ознак вибирається стосовно конкретної апаратури залежно від вимог, що пред'являються до рівня достовірності результатів діагностики [5].

Так, якщо ознаки детерміновані, то описами класів є координати точок, що відповідають об'єктам і належать кожному з класів або еталону класів. Нехай встановлено, що до класу відносяться об'єкти, що мають значення ознак. Значення ознак об'єктів можна розглядати як координати точок у багатовимірному ознаковому просторі. Іншим видом опису класів у разі застосування детермінованих ознак є еталони, тобто точки в багатовимірному ознаковому просторі, що характеризують кожен клас. Як еталони використовуються такі точки, в яких сума відстаней від точок, що відповідають об'єктам і належать до цього класу, мінімальна. Якщо ознаки імовірнісні, то описами класів є:

апріорна імовірність появи об'єктів цього класу. Стосовно СТД це апріорна імовірність появи в ОД відповідних несправностей або апріорна імовірність того, що ОД опиниться в тому або іншому класі технічного стану;

функція щільності імовірностей значень ознак об'єктів, що належать цьому класу;

матриця втрат (ризиків), пов'язаних з правильними або неправильними рішеннями.

Процес апріорного опису класів об'єктів (класів технічних станів ОД) є найбільш трудомісткою задачею серед задач побудови СТД. Її рішення вимагає ретельного дослідження процесів виникнення несправностей, а також прояви цих несправностей у відповідних інформаційних каналах.

Принцип дії СТД полягає в такому [5, 6]. Нехай на основі вивчення особливостей функціонування ОД визначений перелік можливих його несправностей, тобто складений алфавіт класів технічних станів ОД. Нехай, крім того, визначений словник діагностичних ознак, що характеризують ці несправності, з одного боку, і апаратно забезпечених, з іншого. Нехай зроблений опис класів технічних станів на мові діагностичних ознак. Інакше кажучи, нехай побудоване апріорне програмно реалізоване математичне забезпечення СТД. Таким чином, визначається факт побудови СТД, її здатність функціонувати в штатному режимі діагностики даного ОД.

Процедура діагностики складається з двох етапів.

На першому визначаються значення кількісно вимірюваних діагностичних ознак у ОД у даний момент часу або факт наявності чи відсутності якісних

діагностичних ознак. Природно, що ті та інші ознаки відносяться до словника діагностичних ознак СТД. Вектор вимірних або визначених ознак є апостеріорною інформацією.

На другому етапі за допомогою алгоритмів діагностики здійснюється зіставлення апостеріорної інформації про ОД з апіорним описом класів його технічних станів. На основі цього зіставлення і визначається, в якому класі технічних станів знаходиться в даний момент ОД, тобто чи справний він або у нього з'явилися якісь конкретні несправності. Крім того, на основі ряду послідовних спостережень вектора в окремі моменти за допомогою алгоритмів прогнозування, також програмно реалізованих на ЕОМ СТД, здійснюється прогноз стану ОД на цілком конкретні інтервали часу.

Відзначимо тільки, що від вибору множини ДП П істотно залежать головні характеристики СТД: повнота і глибина діагностування.

Класичною формою подання діагностичної моделі для об'єктів радіоелектронної апаратури є таблиця функцій несправностей [8] (табл. 1). Стовпці таблиці відповідають окремому стану об'єкта $S_i \in S$, строки – окремим елементарним перевіркам. Мається на увазі, що в результаті виконання елементарної перевірки визначається значення окремого ДП $\pi_i \in \Pi$. У клітинках (I, J) таблиці, що знаходяться на перетині стовпця S_j і строки π_j , записується значення результату $R_{j,j}$, отриманого при контролі ДП π_i в стані об'єкта S_j . Заповнення таблиці здійснюється за функціональною схемою об'єкта, на якій вказані контрольні точки і пов'язані з ними ДП.

Таблиця 1. Форма таблиці функцій несправностей

ДП	Стан об'єкта					
	S_0	S_1	...	S_j	...	$S_{|S|}$
π_1	$R_{1,0}$	$R_{1,1}$	...	$R_{1,j}$	...	$R_{1,|S|}$
...						
π_i		$R_{i,1}$	...	$R_{i,j}$	...	$R_{i,|S|}$
...						
$\pi_{|n|}$	$R_{|n|,0}$	$R_{|n|,1}$	...	$R_{|n|,j}$	...	$R_{|n|,|S|}$

За таблицею функцій несправностей будуються тести діагностування: тест контролю працездатності $\Pi_{кр}$ та тест пошуку несправності $\Pi_{ни}$ [8]. Тести $\Pi_{кр}$ і $\Pi_{ни}$ будуються як мінімальні підмножини ДП, що забезпечують відповідно КР і ПН з необхідною глибиною ($\Pi_{кр} \subset \Pi$). За отриманими тестами розробляються відповідні алгоритми КР і ПН.

Стосовно основних принципів технічної діагностики зенітного ракетного озброєння слід розглядати ряд СТД, що відповідають таким класам об'єктів. Для ЗРО сімейства С-300П, «Бук-М1» слід виділяти такі класи об'єктів: пункт бойового управління; засіб радіолокації; пускові установки; зенітні керовані ракети.

Для кожного типу ОД визначається алфавіт класів технічного стану ОД, тобто перелік можливих несправностей. Крім того, для кожного з цих класів ОД,

що характеризуються своїм словником діагностичних ознак (детермінованих, імовірнісних, логічних), формується апіорне програмно реалізоване математичне забезпечення технічної діагностики і необхідний набір технічних засобів.

Виходячи з викладеного, слід зазначити, що в загальному випадку СТД можна віднести до класу кібернетичних систем. У СТД відбувається формування інформації, її передача, зберігання, переробка та обмін інформацією.

Особливістю і новизною даного методу реалізації нових інформаційних технологій на етапі експлуатації ОВТ ЗРВ є те, що формування основних принципів технічної діагностики зразка техніки тісно пов'язане з формуванням структури даних інтерактивного електронного технічного керівництва (ІЕТК) для різних етапів експлуатації.

Існуюча експлуатаційна документація містить досить повний обсяг даних про виробу ОВТ. Основними недоліками традиційної форми експлуатаційної документації є повторюваність одних і тих же даних в різних документах, істотні об'єми паперових носіїв, відсутність властивості інтерактивності. Виключити ці недоліки дозволяє створення інтерактивного електронного технічного керівництва з експлуатації ОВТ.

Розробка «електронного макета» виробу ОВТ у формі інтерактивного електронного технічного керівництва (ІЕТК) дозволяє істотно упорядкувати організацію експлуатаційного середовища і, як наслідок, підвищити бойову і мобілізаційну готовність.

Інтерактивне електронне технічне керівництво є структурованим комплексом взаємозв'язаних технічних даних, призначених для надання в інтерактивному режимі довідкової і описової інформації про експлуатаційні і ремонтні процедури, пов'язані з конкретними виробами ОВТ. ІЕТК включає бази даних і електронну систему відображення, призначену для візуалізації даних і забезпечення інтерактивної взаємодії з користувачем.

Бази даних містять технічні описи виробів ОВТ і їхніх вузлів, технологію експлуатації, обслуговування і ремонту, відомості про діагностику несправностей, повну специфікацію виробу, тобто ІЕТК є інтелектуальним сховищем даних, що дозволяє на стадії експлуатації виробу в інтерактивному режимі здійснювати: навчання персоналу; виконання регламентних робіт; діагностику і усунення несправностей; автоматизоване замовлення запасних частин і матеріалів; планування і облік проведення регламентних і ремонтних робіт.

Висновок

1. У роботі досліджено метод реалізації нових інформаційних технологій з формуванням структури даних інтерактивного електронного технічного керівництва на етапі експлуатації ЗРО, який обґрунтовує загальний стан оцінки якості функціонування системи інформаційної підтримки процесу його експлуатації.

2. Реалізація цього методу дозволить підвищити якість технічної діагностики і збільшити час експлуатації ЗРО, сформувати структуру даних інтерактивного

електронного технічного керівництва з експлуатації ЗРО і розробити предметно орієнтований макет електронних форм експлуатаційної документації, електронний макет зразка ОВТ у формі інтерактивного електронного технічного керівництва, використання якого дозволить істотно упорядкувати організацію експлуатаційного середовища і, як наслідок, підвищити бойову готовність озброєння.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Амзеев, Ш. Б. Комплексный подход к совершенствованию системы технического обеспечения зенитного ракетного вооружения ПВО [Текст] / Ш. Б. Амзеев // Сборник методических материалов. – Алма-Ата : МО РК, 2000. – Вип. № 5.
2. Амзеев, Ш. Б. Системотехнический подход к проблеме обеспечения качества системы информационной поддержки жизненного цикла вооружения и военной техники [Текст] / Ш. Б. Амзеев, Ю. Э. Лазаревич // Сборник трудов. – Минск : ВА РБ, 2003 – Вип. 1 (25).
3. Багрецов, С. А. Диагностика и прогнозирование функциональных состояний оператора в деятельности [Текст] / С. А. Багрецов, С. К. Колганов, В. М. Львов. – М. : Радио и связь, 2000.
4. Бондарев, П. А. Основы искусственного интеллекта [Текст] / П. А. Бондарев, С. К. Колганов. – М. : Радио и связь, 1998.
5. Горелик, А. Л. Методы технической диагностики машин и механизмов [Текст] / А. Л. Горелик, Ф. Я. Балицкий, А. Н. Требунский. – М. : НТЦ «Информтехника», 1990.
6. Стрельников, В. П. Оценка и прогнозирование надежности электронных элементов и систем [Текст] / В. П. Стрельников, А. В. Федухин. – К. : Логос, 2002. – 486 с.
7. ГОСТ 20911–89. Техническая диагностика. Термины и определения [Текст]. – Введ. 1991-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1989.
8. Прогнозування надійності складних об'єктів радіоелектронної техніки та оптимізація параметрів їх експлуатації імітаційних статистичних моделей [Текст] : моногр. / [С. В. Ленков, К. Ф. Боряк, Г. В. Банзак, В. О. Браун] ; за ред. С. В. Ленкова. – Одеса : ВМВ, 2014. – 248 с.

Рецензент А. С. Довгополий, д-р техн. наук, проф.
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки ЗС України, м. Київ)