

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

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

УДОСКОНАЛЕНА КОМПЛЕКСНА АВТОМАТИЗОВАНА ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА ДІАГНОСТИКИ РАКЕТНОГО ОЗБРОЄННЯ

У статті розробляється удосконалена комплексна автоматизована експертна система контролю технічного стану та діагностики ракетного озброєння. Проведений аналіз ракетного озброєння Збройних Сил України показав, що значний відсоток бортового обладнання ракет складають цифрові радіоелектронні засоби. Показана перспективність використання експертних систем у галузі технічної діагностики, яка дозволяє значно підвищити ефективність діагностування несправностей бортового обладнання ракетного озброєння за рахунок використання знань експертів та зменшення кількості необхідних контрольних вимірювань.

Запропоновано формування інформаційно-контрольних моделей поточного технічного стану електронних модулів бортового обладнання ракетного озброєння, що дозволяє підвищити оперативність та достовірність контролю порівняно з поелементним контролем за принциповою схемою за рахунок урахування властивостей емерджентності електронних модулів бортового обладнання ракетного озброєння. Використання інтелектуального алгоритму діагностування з елементами самонавчання у структурі експертної системи діагностики дозволяє автоматизувати діагностику та зменшити час знаходження несправностей елементів електронних модулів бортового обладнання ракетного озброєння на поглиблених рівнях без їх демонтажу.

Підвищена ефективність діагностування за рахунок врахування даних вимірювань, отриманих при контролі технічного стану та використання сучасних інформаційних технологій у вигляді сформованої бази знань, спеціальних розрахункових алгоритмів, вирішувальних правил і їх програмного забезпечення. Сукупність цих технологічних пропозицій дозволяє побудувати перспективну уніфіковану універсальну автоматизовану контрольню-випробувальну станцію зі змінною конфігурацією, яка зможе проводити автоматизований контроль і діагностування несправностей усіх зразків ракетного озброєння, що є на озброєнні Збройних Сил України та перспективних ракет, що зараз розробляються.

Ключові слова: ракетне озброєння, експертна система технічної діагностики, штучний інтелект.

Вступ

Більшість сучасних високотехнологічних озброєнь та військової техніки (ОВТ) є складними технічними системами, з широким застосуванням інформаційних технологій і цифрових радіоелектронних засобів (РЕЗ) [1]. Нажаль, удосконалення ОВТ призводить до їх ускладнення, відповідно, знижується надійність і технічна готовність ОВТ. Застосування сучасних методів контролю технічного стану (ТС) та достовірної діагностики несправностей дозволяє забезпечити необхідні рівні технічної готовності ОВТ [2].

Постановка проблеми.

Існуючі у Збройних Силах (ЗС) України засоби контролю ТС найбільш складних різновидів ОВТ – ракетного озброєння (РО) ракетних комплексів (РК) та авіаційного озброєння (які у подальшому називаються об'єктами контролю (ОК)) виконують, в основному, тільки функції саме контролю. У разі виявленої відмови ОК проведення технічної діагностики (ТД) для визначення місця несправного елемента здійснюється у стаціонарних заводських умовах. Для цього зразок РО, який не пройшов контроль справності (або є підстави вважати його непридатним при відсутності необхідних

засобів контролю ТС), транспортується у стаціонарні майстерні, внаслідок чого витрачаються значні кошти, підвищується ймовірність його пошкодження та зменшується коефіцієнт технічного використання зразка РО [3]. Діагностування зразка РО для визначення причини несправності на місцях експлуатації дозволить виключити зазначені вище негативні наслідки. Але для цього необхідно мати засоби контролю та діагностики, які будуть у змозі достовірно визначити ТС ракет, у складі яких є цифрові РЕЗ. Основним джерелом інформації про ТС ОК є проведення регламентних та контрольню-випробувальних робіт за допомогою штатних контрольню-випробувальних пересувних станцій (КВПС), які є обов'язковою складовою частиною РК та керованого високоточного авіаційного озброєння.

У зв'язку з цим, актуальною є наукова проблема розробки методів та моделей побудови сучасних автоматизованих засобів контролю та діагностики, які дозволять підвищити рівень технічної готовності і зменшити вартість експлуатації РК та авіаційної техніки на всіх етапах життєвого циклу (ЖЦ).

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Загальні питання діагностики складних технічних систем докладно розглянути у [4], моделювання системи діагностування складних технічних систем (СТС) військового призначення проведено у [5]. Аналіз напрямів розвитку систем контролю і діагностування СТС [6] підтверджує ефективність використання експертних систем (ЕС) у галузі технічної діагностики, що дозволяє значно підвищити ефективність діагностування [7]. Діагностування несправностей цифрових РЕЗ – це складна задача у зв'язку з важкістю її формалізації [8]. Використання ЕС у системах технічної діагностики дозволяє зменшити кількість контрольних вимірювань під час визначення несправності за рахунок використання знань експертів [9].

Мета статті полягає у розробці моделі комплексної автоматизованої експертної системи контролю та діагностики ракетного озброєння.

Виклад основного матеріалу дослідження

Аналіз напрямів розвитку сучасних систем контролю ТС і діагностування СТС військового призначення та контролепридатності зразків сучасних складних ОВТ [6], дозволяє визначити тенденцію комплексування функцій контролю, випробування та діагностики несправностей в одній системі. Це виключає дублювання вимірювальних операцій, зменшує кількість комутаційних з'єднань між КВПС та ОК і скорочує час контролю, випробування та діагностики.

Зразки РО, що є на озброєнні ЗС України, наприклад, зенітні керовані ракети (ЗКР) 5В55Р у складі зенітного ракетного комплексу (ЗРК) “С-300”, мають у своєму складі бортовий обчислювальний пристрій. Цифрова електронна обчислювальна машина (ЕОМ) забезпечує комбінований спосіб управління ракетою (радіокомандний спосіб наведення удосконалюється застосуванням бортового радіолокаційного візиру ракети) та роботу вбудованої системи контролю та діагностики бортового обладнання, що активується перед пуском ракети. Ці вироби 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 ракет 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 ЗКР на необхідному рівні.

Аналіз характеристик сучасного та перспективного РО (наприклад, прийнятого на озброєння Російською Федерацією ЗРК “С-350”, який замінює 300-й комплекс) дозволяє зробити висновок про збільшення використання цифрових

і обчислювальних засобів у структурі бортового обладнання ракет. Однак, бортовий обчислювальний пристрій ракети є найбільш складним об'єктом для контролю та діагностики, збільшити ефективність контролю та пошуку несправностей у якому може залучення експертних знань, що дає найкращий результат при діагностиці цифрових РЕЗ.

Експертні системи (ЕС), або системи, що засновані на “знаннях”, є одним з найбільш значних досягнень науки у галузі штучного інтелекту. У широкому сенсі ЕС – це комп'ютерна програма, у якій застосовуються знання та досвід спеціалістів вузької галузі знань та надає рекомендації (консультації) користувачу. “Математизація” процесу пошуку несправностей та розвиток експертних систем контролю та діагностики (ЕСКД) дозволяє підвищити ефективність діагностики з мінімальною необхідною кількістю контрольних-вимірювальних операцій, які займають основний час при контролі, випробуванні та діагностиці ОК.

Знання і досвід експертів у галузі діагностики РЕЗ дозволяють удосконалити бази даних ознак несправностей ОК та відповідних баз знань, які дозволяють зробити достовірний висновок про місце знаходження несправного елемента та надати рекомендації обслуговуючому персоналу щодо подальших експлуатаційних рішень. Залучення ЕС у галузь діагностики РЕЗ дозволить вирішити важко формалізовані завдання визначення ТС та значно збільшити ефективність пошуку несправностей. З розвитком ЕСКД з'явилася можливість накопичення знань, передачі досвіду експертів та реалізація самонавчання ЕСКД.

Однак, якщо на структурному рівні експертні системи технічної діагностики (ЕСТД) дозволяють досить ефективно локалізувати несправність [8], то на елементному часто застосовуються традиційні неавтоматизовані методи діагностики, які не завжди забезпечують достатню глибину локалізації несправності, а також дуже трудомісткі. Це проглядається на прикладі АКВС 70К6, що застосовується у заводських умовах при ремонтно-діагностичних роботах з ЗКР 5В55К, 5В55КД і 5В55Р та має обмежені можливості щодо діагностики цифрових РЕЗ ракет.

Застосування технології ЕС дозволяє підвищити технологічний рівень КВПС та забезпечити необхідний рівень достовірності контролю та діагностики цифрових РЕЗ РО. Також з'являється можливість побудови перспективної універсальної КВПС, яка замінить, наприклад, АКВС 70К6 для діагностики ракет ЗРК “С-300” у заводських умовах, АКВПС 9В91 для контролю ракет ЗРК “С-300” на місяцях експлуатації та АКВПС 9В95М1 для обслуговування ракет 9М38 ЗРК “Бук-М1”, які мають значну кількість блоків бортової апаратури єдиного призначення з однаковим переліком контрольованих параметрів.

Недосконалість алгоритмів діагностування і значна кількість діагностичних параметрів значно

ускладнюють рішення завдань діагностики, тому традиційні способи технічної діагностики (апаратний і функціональний контроль) є малоефективними. Найбільш перспективним підходом до рішення діагностичних задач є побудова ЕСТД, які с розвитком теорії штучного інтелекту застосовуються все частіше.

Розглянемо принцип побудови ЕСТД, базова традиційна структурна схема якої зображена на рис. 1 та включає мінімальну кількість модулів, що необхідні для її функціонування:

- алгоритм (програма) діагностики та генератор стимулюючих сигналів, що є обов'язковою частиною будь-якої системи ТД, як апаратно-програмного комплексу;
- база знань, що становить ядро ЕСТД у сукупності с базою даних еталонних вимірювань параметрів ОК;
- модуль логічного виведення, що генерує діагностичні рішення;
- модуль редагування бази знань, що реалізує режим отримання знань системою від експерта;
- модуль відображення і пояснення рішень як інтерфейс, що відображає проміжні і остаточні діагностичні рішення та пояснює користувачеві рекомендації ЕСТД.



Рис.1. Структура традиційної експертної системи технічної діагностики

За цією традиційною схемою ЕСТД діагностичні дані, що генеруються об'єктом контролю за програмою контролю як реакція на стимулюючі сигнали, подаються на модуль виведення рішень. Модуль виведення рішень реалізує алгоритм порівняння поточних діагностичних параметрів ОК з еталонними за правилами, що містяться у базі знань ЕСТД (які складаються та коректуються експертом).

Як можна побачити, ЕСТД фактично є комплексом програм і апаратних засобів, що імітують процеси розумової діяльності фахівця при рішенні діагностичних завдань. ЕСТД виконує

функції накопичення та обробки сукупності формальних і евристичних знань від фахівців для використання їх при рішенні завдань контролю ТС та діагностики ОК.

Аналіз ЕСТД з традиційною структурою на предмет її відповідності та здатності вирішення завдань ТД РО дозволяє виявити наступні недоліки:

- ЕСТД не використовує дані вимірювань, які отримані при контролі зразка РО;
- знання в галузі діагностування РО важко формалізуються, тому що частина вірних рішень приймається експертом на інтуїтивному рівні та не може їм зрозуміло бути сформульована;
- значна частина знань експерта не узгоджується з базою даних еталонних значень вимірюваних параметрів;
- редагування, узгодження та усунення суперечностей бази знань з базою даних здійснюється людиною, в неавтоматизованому режимі, з низькою оперативністю;
- моделі подання знань орієнтовані на прості і добре структуровані області;
- низька оперативність діагностики та невикористання інтелектуального потенціалу ЕСТД щодо її самонавчання.

Ці недоліки свідчать про неефективність використання традиційних ЕСТД для вирішення завдань ТД РО. Структура удосконаленої ЕСКД повинна бути комплексною, враховувати особливості як контролю так і діагностики РО та усунути вказані вище недоліки.

Комплексність завдань контролю та діагностики вирішує автоматизована ЕСКД, що наведена на рис.2. Ця експертна система діагностики (модулі 3 та 4 на рис. 2) працює спільно з автоматизованою системою контролю (модулі 1 та 2 на рис. 2), яка подає за програмою контролю на ОК стимулюючі сигнали, аналізує вихідні реакції, поповнює базу даних поточних параметрів елементів принципової схеми ОК та формує інформаційно-контрольні моделі поточного ТС електронних модулів ОК, які потім порівнюються за визначеним алгоритмом з інформаційно-контрольними моделями справного ТС електронних модулів ОК. База даних інформаційних моделей справного ТС електронних модулів ОК формується на початку експлуатації завідомо справного ОК і зберігається в архівному блоці бази знань ЕСКД. Застосування інформаційно-контрольних моделей електронних модулів ОК дозволяє підвищити оперативність контролю поточного ТС ОК порівняно з поелементним контролем за принциповою схемою та зробити прогноз ТС ОК більш достовірним за рахунок урахування властивостей емерджентності електронних модулів ОК.

Результатом роботи автоматизованої системи контролю є висновок: ОК є справним, працездатним або несправним. У останньому випадку підключається заснований на знаннях модуль діагностики. ЕСКД запитує значення сигналів в певних контрольних крапках

принципової схеми ОК, у разі необхідності для визначення проміжного діагнозу рекомендує оператору зробити додаткові виміри і в результаті визначає місце несправності до окремого елемента принципової схеми ОК.

Видача діагностичних рекомендацій оператору проводиться за допомогою блоку візуалізації рекомендацій, розширення якого можливо реалізацією функції прогнозування ТС ОК. Вихідними даними для роботи ЕСКД є результати моделювання ОК на етапі проектування та база даних діагностичних параметрів справного стану ОК, яка формується виробником методом зняття еталонних значень діагностичних параметрів завідомо справного ОК. Алгоритм діагностики у вигляді продукційних правил вимірювань параметрів сигналів за контрольним крапкам здійснюється на основі мережі фреймів для ОК. Запропонована комплексна ЕСКД є

інтелектуальною системою, тому що вона здатна накопичувати досвід та навчатись. Система запам'ятовує знайдену несправність для даного типу ОК.

При наступній діагностиці несправності іншого ОК цього типу вона рекомендує перевірити в першу чергу ту ж саму несправність, якщо поточна інформаційно-контрольна модель елемента ОК допускає таку несправність. ЕСКД працює за аналогією з досвідченими фахівцями з діагностування та ремонту складних РЕЗ, які знають типові несправності та найбільш ймовірні їх причини в конкретних типах ОК і перевіряють їх в першу чергу. ЕСКД, що наведена на рис. 2, накопичує імовірнісні знання про конкретні несправності з метою їх використання при діагностиці ОК.

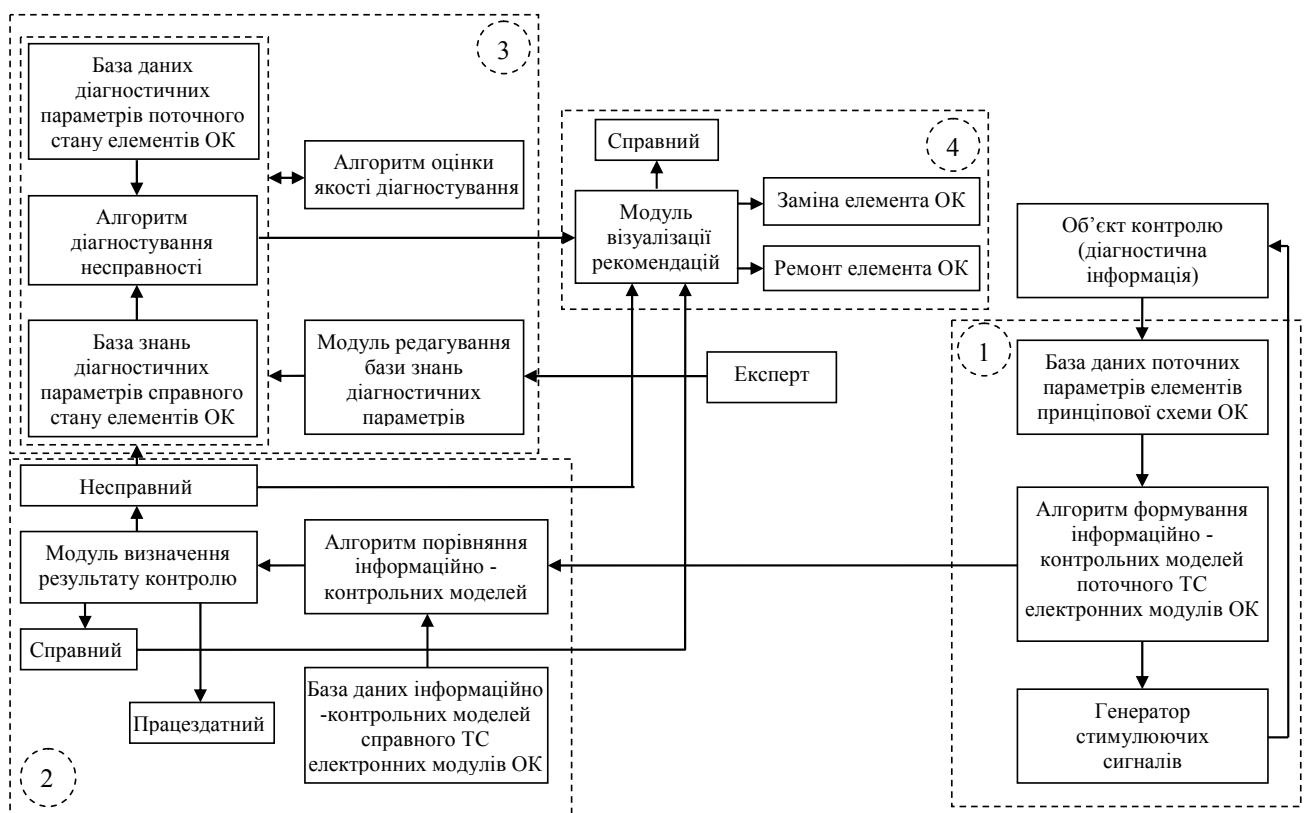


Рис.2. Удосконалена комплексна автоматизована експертна система контролю та діагностики ракетного озброєння

При виконанні алгоритму діагностики (проходження по дереву пошуку несправностей) на черговому кроці використовується критерій – максимум відношення ймовірності вірного діагнозу до трудомісткості розпізнавання несправності (вагові коефіцієнти діагностичних кроків). Вищезазначені вагові коефіцієнти автоматично коригуються під час роботи ЕСТД при кожному підтверженому або не підтверженому діагнозу для конкретних ситуацій діагностування.

Трудомісткості елементарних вимірювань спочатку задаються експертом, а потім автоматично коригуються в процесі роботи ЕСКД.

Модуль візуалізації рекомендацій оператору виконує інтерфейсні функції шляхом показу технологічних рекомендацій персоналу, що експлуатує та обслуговує даний зразок РО.

Побудована автоматизована ЕСКД забезпечує наступні переваги:

- підвищення рівнів автоматизації та інформаційного забезпечення процесів діагностування ОК за рахунок застосування засобів автоматизованих систем підтримки прийняття рішення;

- універсальність, тобто можливість застосування ЕСКД для діагностування численних електронних модулів різних ОК у стаціонарних

заводських умовах та для контролю безпосередньо на місцях експлуатації ОК;

– простота уніфікації ЕСКД за рахунок модульності її структури;

– оперативність визначення оцінки поточного ТС кожного окремого елементу принципової схеми ОК за допомогою використання інтелектуального алгоритму діагностування з елементами самонавчання ;

– можливість поглибленого діагностування без демонтажу елементів принципової схеми ОК.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Таким чином, у статті була розроблена комплексна автоматизована ЕСКД РО, яка відрізняється від відомих [7, 8] дворівневою модульною структурою, кожен модуль якої спеціалізований для виконання завдань контролю або діагностики. Це дозволяє скоротити час контролю за рахунок формування інформаційно-контрольних моделей електронних модулів поточного ТС ОК зі зменшеним обсягом контрольно-вимірних операцій та підвищити ефективність діагностування за рахунок врахування даних вимірювань, отриманих при

контролі ТС ОК та використання сучасних інформаційних технологій у вигляді сформованої бази знань, розрахункових алгоритмів, вирішувальних правил і їх програмного забезпечення, які реалізуються в удосконаленій комплексній автоматизованій ЕСКД РО.

Сукупність цих переваг забезпечує побудову універсальної уніфікованої високопродуктивної автоматизованої КВПС зі змінною конфігурацією, яка може бути адаптована під будь-який зразок РО та дозволяє проводити автоматизований контроль і діагностування несправностей усіх зразків РО, що є на озброєнні ЗС України. Така універсальна автоматизована КВПС буде відповідати технологічному рівню РО, що зараз розробляється та планується до прийняття на озброєння у ЗС України та забезпечить реалізацію стратегії експлуатації застарілих зразків РО за технічним станом з мінімально необхідними матеріальними та часовими витратами.

Перспективами подальших досліджень є розроблення алгоритму діагностування у вигляді дерева рішень ЕСКД та розробка бази знань експертної системи).

Література

1. Барзилович Е. Ю. Модели технического обслуживания сложных систем / Е. Ю. Барзилович. – М.: Высш. шк. 1982. – 230 с. 2. Гриб Д. А. Удосконалення методів технічної експлуатації і ремонту як основа підтримання боеготового стану зенітного ракетного озброєння в сучасних умовах [Текст] / Д. А. Гриб, Б. М. Ланецький, В. В. Лук'ячук // Наука і оборона. – 2012. – №3. – С. 55-63. 3. ДСТУ 2389–94. “Технічне діагностування та контроль технічного стану. Основні терміни та визначення”. 4. Абрамчук В. Е. Технические средства диагностирования: справочник / В.Е. Абрамчук, В.В. Клюев, П.П. Пархоменко; под общ. ред. В.В. Клюева. - М.: Машиностроение, 1989. – 672 с. 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. Жердев М. К. Напрями розвитку систем контролю технічного стану і діагностування складних технічних

систем / [М.К.Жердев, В.В.Вишнівський, І.В.Пампуха, О.Ю. Скуйбіда]: зб. наук. Праць ВІКНУ імені Тараса Шевченка. – 2006. – № 3. – С.22–25. 7. Коваленко А. С. Анализ эффективности использования экспертной системы технической диагностики с традиционной структурой / А.С. Коваленко, А.А. Смирнов, А.В. Коваленко // Системи озброєння і військова техніка. Х.: ХУПС, 2014. – № 2(38). – С. 106-108. 8. Михальчук М. В. Экспертная система технической диагностики для назначения технического стану элементів комплексів засобів автоматизації. / М.В. Михальчук // Системи обробки інформації. - Х.: ХУПС, 2014. – Вип. 2 (38). – С. 29–33. 9. Шкуліпа П. А. Проблема розробки інформаційних технологій для побудови автоматизованих систем технічного діагностування об'єктів радіоелектронної техніки // Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України імені Б. Хмельницького. – Хмельницький, 2012. – № 58, ч.ІІ. – С.163 – 166.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ДИАГНОСТИКИ РАКЕТНОГО ВООРУЖЕНИЯ

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

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

В статье разрабатывается усовершенствованная комплексная экспертная система контроля технического состояния и диагностики ракетного вооружения. Проведенный анализ ракетного вооружения Вооруженных Сил Украины показал, что значительный процент бортового оборудования ракет составляют цифровые радиоэлектронные средства. Показана перспективность использования экспертных систем в области технической диагностики, что позволяет значительно повысить эффективность диагностики неисправностей бортового оборудования ракетного вооружения за счет использования знаний экспертов и уменьшения количества необходимых контрольных измерений.

Предложено формирование информационно-контрольных моделей текущего технического состояния электронных модулей бортового оборудования ракетного вооружения, что позволяет повысить оперативность и достоверность контроля по сравнению с поэлементным контролем по

принципиальной схеме за счет учета свойств эмерджентности электронных модулей бортового оборудования ракетного вооружения. Использование интеллектуального алгоритма диагностики с элементами самообучения в структуре экспертной системы диагностики позволяет автоматизировать диагностику и уменьшить время нахождения неисправностей элементов электронных модулей бортового оборудования ракетного вооружения на углубленных уровнях без их демонтажа.

Предложена усовершенствованная комплексная автоматизированная экспертная система контроля технического состояния и диагностики ракетного вооружения, которая позволяет повысить эффективность диагностики за счет учета данных измерений, полученных при контроле технического состояния и использования современных информационных технологий в виде сформированной базы знаний, специальных расчетных алгоритмов, решаемых правил и их программного обеспечения. На основе вышеуказанных технологических преимуществ возможно построить перспективную унифицированную универсальную автоматизированную контрольно-испытательную станцию с изменяемой конфигурацией, что позволит проводить автоматизированный контроль и диагностирование неисправностей всех образцов ракетного вооружения Вооруженных Сил Украины и перспективных ракет, которые сейчас разрабатываются.

Ключевые слова: ракетное вооружение, экспертная система диагностики, искусственный интеллект.

THE IMPROVED COMPLEX AUTOMATED EXPERT SYSTEM OF MONITORING OF TECHNICAL CONDITION AND DIAGNOSTICS MISSILE WEAPONS

Yurii Pribyliev (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor)

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

The article deals with the development of a block diagram of the improved complex automated expert system of monitoring of technical condition and diagnostics missile weapons. The analysis of missile weapons of Armed Forces of Ukraine showed that a significant percentage of missiles onboard equipment are digital electronic equipment. The article describes the efficiency of the use of expert systems in the field of technical diagnostics, which can significantly increase the effectiveness of diagnosing faults of airborne missile equipment. That came from the use of expert knowledge and reducing the number of required control measurements. There is proposed formation of information-control models of the current technical condition of equipment missile onboard electronic modules. It can increase the efficiency and reliability of monitoring in comparison with element control. It is designed using fundamental scheme through the accounting of the properties of emergence of electronic modules missile onboard equipment.

Intelligent algorithm of expert diagnostic helps make automatic diagnostics and reduces time spent bugs missile electronic modules without dismantling. The improved complex automated expert system of monitoring of technical condition and diagnostics missile can improve the efficiency of diagnosis and uses modern information technology, knowledge bases, and special software. 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 and promising missiles, are being developed.

Keywords: missiles, expert system of technical diagnosis, artificial intelligence.

References

- 1. Barzilovich E. Yu.** Modeli tehničkog obsluživaniya slozhnykh sistem / E. Yu. Barzilovich. – M.: Vyssh. shk. 1982. – 230 s.
- 2. Ghryb D. A.** Udokonalennja metodiv tekhnichnoji eksploataciji i remontu jak osnova pidtrymannja bojehotovogho stanu zenitnogho raketnogho ozbrojennja v suchasnykh umovakh [Tekst] / D. A. Ghryb, B. M. Lanecykij, V. V. Luk'jančuk // Nauka i oborona. – 2012. – №3. – S. 55-63.
- DSTU 2389-94.** "Tekhnichne diagnostuvannja ta kontrolj tekhnichnogho stanu. Osnovni terminy ta vyznachennja". 4. Abramčuk V. E. Tehničeskie sredstva diagnostirovaniya: spravochnik / V. E. Abramčuk, V. V. Klyuev, P. P. Parhomenko; pod obsch. red. V. V. Klyueva. - M.: Mashinostroenie, 1989. – 672 s.
- 5. Permjakov O. Ju.** Modelj systemy diagnostuvannja, tekhnichnogho obsluhovuvannja ta remontu skladnykh tekhnichnykh system vijsjkovogho pryznachennja. / O. Ju. Permjakov, Ju. B. Pribyliev, O. O. Džubanov. // Nauka i oborona. – 2016. – №2. – S. 48-52.
- 6. Zherdjev M. K.** Naprjamy rozvytku system kontrolju tekhnichnogho stanu i diagnostuvannja skladnykh tekhnichnykh system / [M. K. Zherdjev, V. V. Vyshnijskij, I. V. Pampukha, O. Ju. Skujbida]: zb. nauk. Pracj VIKNU imeni Tarasa Shevčenka. – 2006. – №3. – S. 22-25.
- 7. Kovalenko A. S.** Analiz effektivnosti ispolzovaniya ekspertnoji sistemyi tehničeskoji diagnostiki s traditsionnoji strukturoj / A. S. Kovalenko, A. A. Smirnov, A. V. Kovalenko // Sistemi ozbroennja I vlyskova tehnika. H.: HUPS, 2014. – # 2(38). – S. 106-108.
- 8. Mykhaljčuk M. V.** Ekspertna sistema tekhnichnoji diagnostyky dlja vyznachennja tekhnichnogho stanu elementiv kompleksiv zasobiv avtomatyzaciji. / M. V. Mykhaljčuk // Systemy obrobky informaciji. - Kh.: KhUPS, 2014. – Vyp. 2 (38). – S. 29-33.
- 9. Shkulipa P. A.** Problema rozrobky informacijnykh tekhnologij dlja pobudovy avtomatyzovanykh system tekhnichnogho diagnostuvannja ob'ektiv radioelektronnoji tekhniki // Zbirnyk naukovykh pracj Nacionalnoji akademiji Derzhavnoji prykordonnoji sluzhby Ukrajinny imeni B. Khmeljnjcjkogho. – Khmeljnjcjkij, 2012. – №58, ch. II. – S. 163 – 166.