

Олександр Юрійович Пермяков (доктор технічних наук, професор)

Юрій Борисович Прібилєв (кандидат технічних наук, доцент)

Віктор Євгенович Бобильов (кандидат технічних наук, с.н.с.)

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

ПІДХІД ЩОДО ПОБУДОВИ УНІВЕРСАЛЬНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ КОНТРОЛЬНО-ВИПРОБУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ ЗІ ЗАСТОСУВАННЯМ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ

У статті розробляється підхід щодо побудови універсальної автоматизованої контрольно-випробувальної станції зі застосуванням експертних систем. Показано, що найбільш складною задачею для визначення достовірного технічного стану зенітних керованих ракет є проведення контрольно-вимірювальних операцій за допомогою контрольно-випробувальних станцій.

Обґрунтована перспективність використання експертних систем у галузі технічного контролю, яка дозволяє підвищити ефективність контролю технічного стану бортового обладнання зенітних керованих ракет за рахунок урахування знань та досвіду експертів, накопичення знань та реалізації самонавчання експертної системи контролю. Запропоновано формування інформаційно-контрольних моделей поточного технічного стану зенітних керованих ракет (сукупність усіх значень параметрів, що контролюються, та зміна їх у часі, "паспорт" зенітної керованої ракети), що дозволяє зробити прогноз технічного стану зенітних керованих ракет більш достовірним за рахунок урахування тенденцій змін контрольних параметрів. Це дозволяє зробити розширений висновок за результатом роботи експертної системи контролю: зенітна керована ракета є справною (несправною) або працездатною (непрацездатною), які параметри вийшли за межі норми та рекомендований наступний міжконтрольний інтервал.

Запропонована структура контрольно-випробувальної станції реалізує завдання контролю комплексно: за програмою контролю подає стимулюючі сигнали, аналізує вихідні реакції, поповнює базу еталонних значень вимірюваних параметрів сигналів та формує інформаційно-контрольні моделі поточного технічного стану зенітної керованої ракети, які потім порівнюються за визначеним алгоритмом з інформаційно-контрольними моделями еталонного стану зенітної керованої ракети, що контролюється. Запропонований підхід щодо побудови універсальної автоматизованої контрольно-випробувальної станції зі застосуванням експертних систем забезпечить побудову універсальної уніфікованої автоматизованої контрольно-випробувальної станції зі змінною конфігурацією, яка дозволить проводити автоматизований контроль декількох зразків зенітних керованих ракет з високим рівнем достовірності та рекомендувати міжконтрольний інтервал.

Ключові слова: зенітний ракетний комплекс, зенітна керована ракета, контрольно-випробувальна станція, експертна система контролю, інформаційно-контрольна модель.

Вступ

Сучасні зенітні ракетні комплекси (ЗРК) є складними технічними системами з застосуванням інформаційних технологій і радіоелектронних засобів (РЕЗ) [1]. Перспективні ЗРК мають ще більш складні РЕЗ та вимагають збільшення кількості вимірювань та якості проведення контрольно-вимірювальних операцій для отримання достовірної інформації щодо їх технічного стану (ТС) [2]. Готовність ЗРК суттєво залежить від ТС зенітних керованих ракет (ЗКР), визначення придатності яких до застосування проводиться за допомогою контрольно-випробувальних станцій (КВС) (контрольно-

вимірювальна приладна станція), що є обов'язковою складовою ЗРК.

Постановка проблеми. Усі КВС, що зараз знаходяться на постачанні у Збройних Силах (ЗС) України, вироблені ще у радянські часи на підприємствах, які зараз знаходяться на території Російської Федерації (РФ). Більшість з них розроблені у Рязанському конструкторському бюро "Глобус", яке спеціалізується на виробництві систем контролю. Усі ці засоби є вузькоспеціалізованими (тобто можуть бути використані для контролю тільки одного типу ЗКР, мають різні конструктивну, інформаційну та програмну бази, знаходяться в експлуатації у

середньому більш, ніж 30 років та мають незадовільний ТС внаслідок старіння елементної бази та вироблення експлуатаційного ресурсу апаратури. Внаслідок цього їх модернізація ускладнена та економічно недоцільна, а уніфікація взагалі неможлива [3].

Крім того, наявні у ЗС України на постачанні КВС виконують тільки функції саме контролю ТС ЗКР. При цьому не використовуються можливості прогнозування зміни ТС ЗКР та оптимізації міжконтрольних інтервалів, що є одним з способів зменшення витрат на проведення контролю ТС ЗКР.

Зменшити витрати на обслуговування ЗКР (особливо модернізованих та перспективних ЗКР, що зараз розробляються) дозволить побудова автоматизованої КВС, що розроблена за базово-модульним принципом із застосуванням новітніх інформаційних технологій та яка буде універсальною і здатною проводити контроль і випробування ЗКР декількох типів [4]. Існуючі зараз на постачанні ЗС України КВС при визначенні ТС ЗКР використовують тільки інформацію щодо знаходження контрольних параметрів у полі допуску. При проведенні контрольно-випробувальних робіт не фіксуються значення цих параметрів та інформація про них не використовується при наступному контролі ТС ЗКР. Але важливе значення має врахування швидкості зміни контрольних параметрів внаслідок деградації матеріалів радіоелементів, врахування важливості цих параметрів при визначенні рішення щодо справності ЗКР та визначення їх взаємозв'язку. Застосування експертних систем (ЕС) дозволяє використовувати знання і досвід фахівців-експертів у галузі контролю ТС ЗКР, що дозволить підвищити технологічний рівень КВС та забезпечити необхідний рівень достовірності контролю ТС ЗКР за допомогою КВС.

У зв'язку з цим, наукова проблема розробки моделі побудови сучасної автоматизованої системи контролю ЗКР, зі застосуванням експертних систем, для можливості накопичення знань, урахування досвіду експертів та реалізації самонавчання ЕС контролю (ЕСК) є актуальною.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням використання експертних систем присвячена значна кількість робіт, у яких визначені основні терміни, що описують експертні системи, підходи до їх побудови та питання щодо їх застосування у різних сферах діяльності людини та суспільства. Експертні системи – це прикладні системи штучного інтелекту, в яких база знань являє собою формалізовані емпіричні знання висококваліфікованих експертів у будь-якій вузькій предметній області. ЕС призначені для заміни експертів при вирішенні завдань у разі їх недостатньої кількості, недостатньої оперативності

при вирішенні завдання або в умовах, що є шкідливими для них.

Зазвичай ЕС розглядаються з точки зору їх застосування у двох аспектах: для вирішення яких завдань вони можуть бути використані і в якій області діяльності. Ці два аспекти накладають свій відбиток на архітектуру експертної системи, що розроблюється. Наприклад, є посилання на ЕС при аналізі напрямків розвитку систем контролю і діагностування складних технічних систем (СТС), що проведений у [5]. Ефективність використання ЕС у галузі технічної діагностики досліджена у роботі [6]. Визначення ТС елементів комплексів засобів автоматизації за допомогою ЕС наведено у роботі [7]. У роботі [8] запропоновано застосування ЕС у галузі технічної діагностики для зменшення кількості контрольних вимірювань. У [9] зроблено спробу застосувати ЕС для технічної діагностики типових елементів заміни РЕЗ ЗРК з використанням інформації зі систем самоконтролю ТС ЗРК. Але застосування експертних систем у структури КВС ще не розглядалось.

Мета статті полягає у розробці підходу щодо побудови універсальної автоматизованої контрольно-випробувальної станції зенітних керованих ракет зі застосуванням експертних систем.

Виклад основного матеріалу дослідження

Проблемним питанням системи протиповітряної оборони (ППО) України є закінчення експлуатаційного ресурсу зенітного ракетного озброєння (ЗРО), у першу чергу ЗКР та авіаційних засобів ураження, що призводить до зниження можливостей системи ППО України. На озброєнні зенітних ракетних військ знаходяться наступні основні зразки зенітного ракетного озброєння: зенітна ракетна система (ЗРС) С-300-П та ЗРК “БУК-М1”, розроблені та виготовлені ще за часів колишнього СРСР. До цих ЗРК є достатній запас ЗКР (9М38 М1 до ЗРК “БУК-М1”) та вітчизняний оборонний комплекс України має можливість проведення модернізації та продовження призначених показників ЗКР 5В55 до ЗРС С-300-П та 9М83 до С-300-В1. Але неодноразове продовження ресурсу зазначених ЗРС та ЗРК свідчить про тенденцію їх фізичного старіння, що потребує якісного (повного та достовірного) контролю ТС для підтримання готовності ЗКР на необхідному рівні, для чого зменшується періодичність контролю ЗКР. Для проведення якісного контролю та зниження експлуатаційних витрат актуальною є розробка нових методів та засобів контролю ТС ЗКР для підтримання ЗРК у готовності [10].

Аналіз технічної літератури та характеристик сучасних та перспективних ЗКР (наприклад, ЗКР у складі ЗРК “С-350”, що є заміною “С-300” у ЗС

РФ) дозволяє зробити висновок про широке використання цифрових та комп'ютерних засобів у бортовому обладнанні ЗКР [11]. Застосування сучасної цифрової елементної бази у головках самонаведення перспективних ЗКР також вимагає удосконалення ефективності існуючих та розробки принципово нових методів контролю ТС ЗКР [12]. При побудові систем (комплексів) ЗРО застосовують базово-модульний принцип, реалізація якого дозволяє при мінімальному базовому наборі модулів формувати різні за призначенням ЗРС (ЗРК), оперативно здійснювати реконфігурацію систем (комплексів) ЗРО, робити їх мобільними [13]. Базово-модульний принцип є також перспективним при побудові КВС.

Одним з найбільш значних досягнень науки у галузі штучного інтелекту є ЕС, або системи, що засновані на "знаннях". У загальному сенсі ЕС – це комп'ютерна програма, у якій застосовуються знання та досвід спеціалістів вузької галузі знань (предметної області) та яка надає рекомендації (консультації) користувачу. "Математизація" процесу пошуку відмов та розвиток ЕСК ТС об'єктів контролю (ОК) дозволяє підвищити ефективність контролю з мінімально необхідною кількістю контрольованих операцій.

Знання і досвід експертів у галузі контролю ТС дозволяють удосконалити бази даних ознак несправностей ОК та відповідних баз знань, які дозволяють зробити достовірний висновок про ТС ОК та надати рекомендації обслуговуючому персоналу щодо подальших рішень. Використання ЕС у засобах контролю ТС ЗКР дозволить вирішити важко формалізовані завдання визначення ТС та збільшити ефективність проведення його контролю. З розвитком ЕСК з'явилася можливість накопичення знань, урахування досвіду експертів та реалізація самонавчання ЕСК.

Традиційні методи технічного контролю, які конструктивно реалізовані в існуючих КВС, не завжди забезпечують необхідний рівень достовірності контролю та мають обмежені можливості щодо контролю цифрових РЕЗ, що зрозуміло, наприклад, з аналізу програми контролю АКВС 70К6 [3]. Застосування технології ЕС дозволяє підвищити технологічний рівень КВС, забезпечити необхідний рівень достовірності контролю сучасних та перспективних ЗКР та забезпечить можливість прогнозу змін ТС, що може бути підставою для корегування інтервалу проведення регламентних робіт з ЗКР.

Недосконалість алгоритмів контролю і значна кількість параметрів, що контролюються у перспективних ЗКР, значно ускладнюють рішення завдань контролю, тому традиційні способи технічного контролю (апаратний та функціональний контроль) є малоефективними. Найбільш перспективним підходом до рішення задач контролю ТС ЗКР є побудова ЕСК, які с

розвитком теорії штучного інтелекту застосовуються все частіше.

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

програма контролю (алгоритм контролю) та генератор стимулюючих сигналів, що є обов'язковою частиною будь-якої системи контролю, як апаратно-програмного комплексу;

база знань, що становить ядро ЕСК у сукупності с базою даних еталонних параметрів ЗКР;

модуль логічного виведення, що генерує рішення за результатом контролю;

модуль редагування бази знань, що реалізує режим отримання знань системою від експерта;

модуль відображення результатів контролю.

За цією традиційною структурою ЕСК вимірюють характеристики контрольованих сигналів, що генеруються ЗКР за програмою контролю як реакція на стимулюючі сигнали, та подаються на модуль виведення рішень. База знань призначена для зберігання експертних знань про предметну область, що використовуються при вирішенні завдань експертної системою. База даних, крім зберігання інформації щодо кількісного значення параметрів об'єкта контролю, може здійснювати тимчасове зберігання проміжних рішень, що застосовуються під час прийняття остаточного рішення щодо результату контролю.

Модуль виведення рішень реалізує алгоритм порівняння результатів вимірювань характеристик контрольованих сигналів з еталонними сигналами за правилами, що є у базі знань ЕСК (які складаються та коректуються експертом).

Фактично ЕСК є апаратно-програмним комплексом, що використовує результати розумової діяльності фахівця при вирішенні завдань контролю. ЕСК виконує функції накопичення та обробки сукупності формальних і евристичних знань від фахівців для використання їх при вирішенні завдань контролю ТС.

Аналіз ЕСК традиційної структури щодо здатності вирішення завдань контролю ТС дозволяє виявити наступні її недоліки:

знання під час контролю ТС важко формалізуються, тому що більшість рішень приймається експертом на інтуїтивному рівні та не може зрозуміло їм пояснена;

значна частина знань експерта не узгоджується з базою даних еталонних значень вимірюваних параметрів сигналів;

редагування, узгодження та усунення суперечностей бази знань з базою даних здійснюється оператором у ручному режимі з низькою оперативністю;

низька оперативність контролю та невикористання інтелектуального потенціалу ЕСК щодо її самонавчання;

відсутність можливості врахування змін контрольних параметрів ЗКР, що унеможливає зробити прогноз ТС більш достовірним за рахунок врахування тенденцій змін контрольних

параметрів ЗКР та властивостей емерджентності ЗКР;

база даних з даними контролю ТС під час життєвого циклу ЗКР не складається та не використовується для прогнозу зміни ТС та корегування міжконтрольного інтервалу.



Рис.1. Базова структура класичної експертної системи контролю

Ці недоліки свідчать про низьку ефективність застосування ЕСК традиційної структури для вирішення завдань контролю ТС ЗКР. Структура удосконаленої ЕСК повинна комплексно враховувати особливості контролю ТС ЗКР та усунути вказані вище недоліки.

Комплексність завдань контролю реалізує автоматизована ЕСК, структура якої наведена на рис. 2, яка за програмою контролю подає на ЗКР стимулюючі сигнали, вимірює вихідні реакції, поповнює базу еталонних значень вимірюваних параметрів сигналів та формує інформаційно-контрольні моделі поточного ТС ЗКР, які потім порівнюються за визначеним алгоритмом з інформаційно-контрольними моделями еталонного стану ЗКР.

Ця ЕСК, крім традиційних для автоматизованої СК модулів (модулі 1 та 2 на рис. 2), включає до себе модуль 3, в якому відбувається порівняння параметрів часових еталонних інформаційно-контрольних моделей ТС, отриманих на протязі життєвого циклу еталонної ЗКР та поточних параметрів інформаційно-контрольної моделі (сукупність усіх значень параметрів, що контролюються, “паспорт” ЗКР на момент контролю), що отримані під час чергового контролю ТС ЗКР. База даних інформаційної моделі справного ТС ЗКР формується на початку експлуатації завідомо справних ЗКР і зберігається

в архівному блоці бази знань ЕСК. Застосування інформаційно-контрольних моделей еталонного ТС ЗКР дозволяє підвищити оперативність контролю поточного ТС ЗКР та зробити прогноз ТС більш достовірним за рахунок урахування тенденцій змін контрольних параметрів ЗКР та властивостей емерджентності ЗКР, як СТС.

Результатом роботи ЕСК є висновок, що відображається на модулі відображення рішень: ЗКР є справною (несправною), працездатною (непрацездатною) (які параметри, що не є критичними, вийшли за межі або знаходяться у межах норми) та рекомендований наступний міжконтрольний інтервал.

Вхідними даними для роботи ЕСК є база даних контрольних параметрів еталонного ТС ЗКР, яка формується виробником методом зняття еталонних значень контрольних параметрів завідомо справної (нової) ЗКР. Запропонована комплексна ЕСК є інтелектуальною системою, тому що вона здатна накопичувати знання, навчатись та надавати інформацію для прогнозування змін у ТС ЗКР методом апроксимації дрейфу контрольних параметрів на час прогнозу. Система запам'ятовує знайдену несправність для даного типу ЗКР та поповнює базу знань статистичних залежностей відмов даного типу ЗКР.

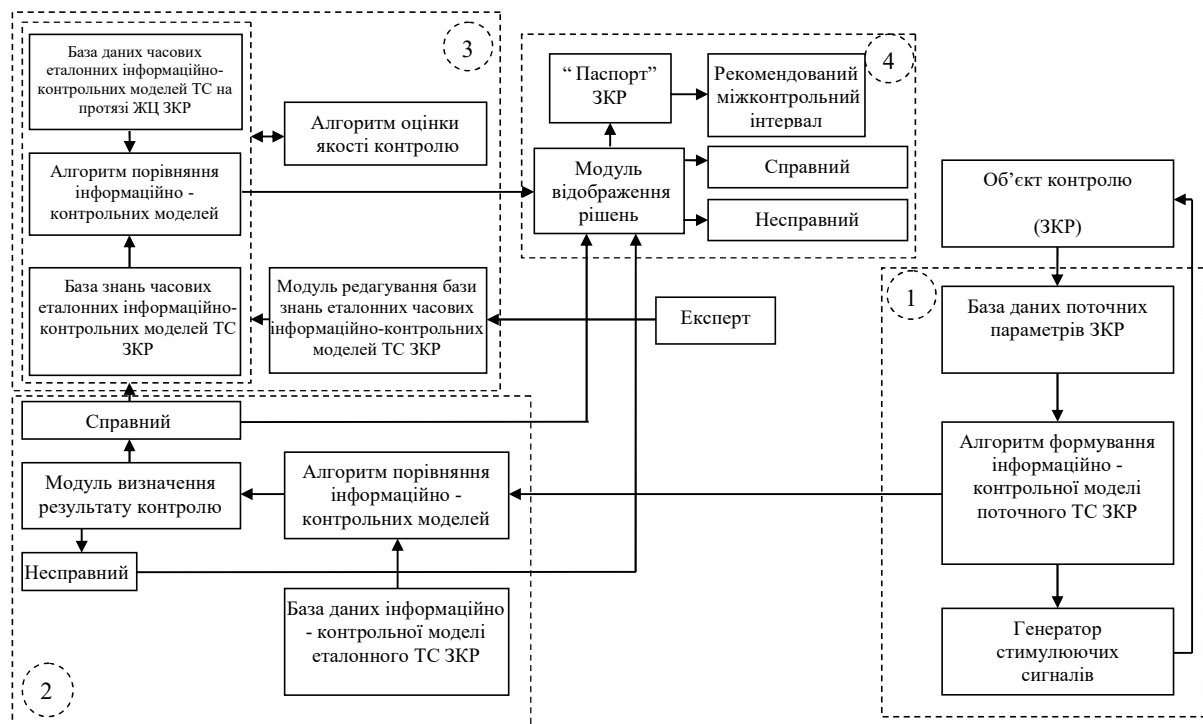


Рис.2. Удосконалена комплексна автоматизована експертна система контролю технічного стану зенітних керованих ракет

При наступному контролі іншої ЗКР цього типу вона рекомендує здійснити контроль у першу чергу параметрів, що є першими за рейтингом ймовірності несправності, якщо поточна інформаційно-контрольна модель ЗКР допускає таку несправність. ЕСК працює за аналогією з досвідченими фахівцями з контролю ЗКР на заводах-виробниках, які відновлюють ЗКР та знають типові несправності та найбільш ймовірні їх причини у конкретних ЗКР і перевіряють їх у першу чергу. Таким чином, ЕСК, що побудована за структурною схемою на рис. 2, накопичує знання щодо ймовірності несправності у базі знань, яка призначена для зберігання експертних знань про предметну область, що використовуються при вирішенні завдань експертною системою, запам'ятовує поточну інформаційно-контрольну модель ЗКР та складає їх базу даних, що дає можливість врахування змін контрольних параметрів ЗКР у часі для прогнозу зміни ТС ЗКР та рекомендувати наступний між контрольний інтервал.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Таким чином, КВС, що побудована за запропонованою структурою зі застосуванням ЕС буде мати наступні переваги:

можливість складання та поповнення баз даних с інформаційно-контрольними моделями ТС ЗКР, що дозволяє прогнозувати зміни ТС та корегувати інтервал проведення регламентних робіт з ЗКР;

високу достовірність визначення ТС ЗКР за допомогою використання інтелектуального алгоритму контролю з елементами самонавчання

та аналізу інформації щодо порівняння отриманих та попередніх інформаційно-контрольних моделей;

простоту уніфікації КВС з застосуванням ЕС за рахунок модульності її структури;

універсальність, тобто можливість застосування КВС на базі ЕС для контролю декількох типів ЗКР.

Запропонована універсальна ЕСК відрізняється від відомих ієрархічно модульною структурою, що дозволяє підвищити достовірність та оперативність контролю за рахунок формування та порівняння інформаційно-контрольних моделей поточного та еталонного ТС ЗКР та самонавчання ЕСК. Це дозволяє підвищити достовірність контролю ТС за рахунок аналізу інформації, що надають контрольні-інформаційні моделі, та використання сучасних інформаційних технологій у вигляді експертної системи, що включає: сформовані бази знань та даних, алгоритми логічного висновку, інтерфейс для ведення діалогу з користувачем, підсистему пояснень та підсистему придбання знань, що реалізовані в удосконаленій універсальній автоматизованій ЕСК.

Сукупність цих переваг забезпечує побудову універсальної уніфікованої високопродуктивної автоматизованої КВС зі змінною конфігурацією, яка дозволяє проводити автоматизований контроль ТС декількох типів ЗКР. Така універсальна автоматизована КВС буде відповідати технологічному рівню ЗКР, що зараз розробляються та забезпечить реалізацію стратегії експлуатації застарілих зразків ЗКР за технічним

станом з мінімально необхідними матеріальними та часовими витратами.

Перспективами подальших досліджень є розроблення алгоритму діагностування у вигляді дерева рішень ЕСК та розробка бази знань ЕСК. Перспективною є також розробка та впровадження

удосконалених методів вибіркового контролю ЗКР, та методів, що удосконалюють організацію роботи КВС, що дозволить зменшити навантаження на універсальну КВС, що побудована зі застосуванням сучасних інформаційних технологій.

Література

1. Коровин А.Н. Ракетные комплексы ПВО: тенденции развития. <https://topwar.ru/2217-raketnye-kompleksy-pvo-tendencii-razvitiya.html>. **2. Карпенко Д.В.** Основні проблеми і напрями розвитку зенітного ракетного озброєння в Україні на довгострокову перспективу / Д.В. Карпенко, Д.А. Гриб, В.В. Лук'янчук, І.М. Ніколаєв // Новітні технології – для захисту повітряного простору. Тези доповідей. XIII наукова конференція ХУПС, 08-09 квітня 2015 року, Харків, 2015, с. 108. <http://www.hups.mil.gov.ua/assets/doc/science/conference/1/section06.pdf> **3. Прибілев 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", №1, 2017. С. 42-48. <http://nio.nuou.org.ua/article/view/158066/157411> **4. Прибілев Ю.Б.** Концепція побудови контрольно-випробувальної станції. Науковий журнал "Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони". Київ: НУОУ, 2018. Вип. №2(32). С.103-106. <http://sit.nuou.org.ua/article/view/157983/157607> **5. 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. http://www.library.univ.kiev.ua/ukr/host/viking/db/ftp/univ/znp_vi_knu/znp_vi_knu_2006_03.pdf **6. 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). <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/2387> С. 106-108. **7. Михальчук М.В.** Експертна система технічної діагностики для визначення технічного стану елементів комплексів засобів автоматизації. /

М.В. Михальчук // Системи обробки інформації. Х.: ХУПС, 2014, вип. 2 (38). С. 29-33. <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/11415>

8. 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. II. С. 163-166. **9. Прибілев Ю.Б.** Удосконала комплексна автоматизована експертна система контролю технічного стану та діагностики ракетного озброєння. / Ю.Б. Прибілев // Науковий журнал "Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони". К.: НУОУ, 2017, вип. №1(28). С.114-119. file:///C:/Users/pribi/Downloads/sitsbo_2017_1_22.pdf

10. Карпенко Д.В. Стан та перспективи розвитку зенітного ракетного озброєння Повітряних Сил Збройних Сил України / Д.В. Карпенко // Науковий журнал "Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України". – 2017, № 2(27). С. 75-78. <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/17539>

11. Ганин С.М., Карпенко А.М. Зенитная ракетная система С-300. (Невский бастион). Санкт-Петербург, 2011. 71 с. **12. Акопян И.** Мозг ракеты: особенности построения и тенденции развития головок самонаведения для ракет класса "поверхность-воздух" и "воздух-воздух". Воздушно-космическая оборона, №3 (28) 2006. <http://militaryarticle.ru/voenno-kosmicheskaya-oborona/2006/12386-mozg-rakety>. **13. Лук'янчук В.В.,** Ніколаєв І.М., Опенько П.В., Дзюбенко Ю.А. Шляхи і принципи розвитку технологічного базису зенітного ракетного озброєння / Науковий журнал "Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони". Київ: НУОУ, 2019. Вип. №3(36). С.75-82. <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2019-36-3-75-82>

ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ УНИВЕРСАЛЬНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КОНТРОЛЬНО-ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ

Александр Юрьевич Пермяков (доктор технических наук, профессор)

Юрий Борисович Прибылев (кандидат технических наук, доцент)

Виктор Евгеньевич Бобылев (кандидат военных наук, с.н.с.)

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

В статье разрабатывается подход к построению универсальной автоматизированной контрольно-испытательной станции с применением экспертных систем. Показано, что наиболее сложной задачей для определения достоверного технического состояния зенитных управляемых ракет является проведение контрольно-измерительных операций с помощью контрольно-испытательных станций.

Обоснована перспективность использования экспертных систем в области технического контроля, которая позволяет повысить эффективность контроля технического состояния бортового оборудования зенитных управляемых ракет за счет учета знаний и опыта экспертов, накопления

знаний и реализации самообучения экспертной системы контроля. Предложено формирование информационно-контрольных моделей текущего технического состояния зенитных управляемых ракет (совокупность всех значений контролируемых параметров и изменение их во времени, "паспорт" зенитной управляемой ракеты), что позволяет сделать прогноз технического состояния зенитных управляемых ракет более достоверным за счет учета тенденций изменений контрольных параметров. Это позволит сделать расширенный вывод по результатам работы экспертной системы контроля: зенитная управляемая ракета является исправной (неисправной) или работоспособной (неработоспособной), какие параметры вышли за пределы нормы и какой рекомендован следующий межконтрольный интервал.

Предложенная структура контрольно-испытательной станции реализует задачи контроля комплексно: по программе контроля подает стимулирующие сигналы, анализирует выходные реакции, пополняет базу эталонных значений измеряемых параметров сигналов и формирует информационно-контрольные модели текущего технического состояния зенитной управляемой ракеты, которые затем сравниваются по определенному алгоритму с информационно-контрольными моделями эталонного состояния зенитной управляемой ракеты, которая контролируется. Предложенный подход к построению универсальной автоматизированной контрольно-испытательной станции с применением экспертных систем обеспечит построение универсальной унифицированной автоматизированной контрольно-испытательной станции с изменяемой конфигурацией, которая позволит проводить автоматизированный контроль нескольких образцов зенитных управляемых ракет с высокой степенью достоверности и рекомендовать межконтрольный интервал его проведения.

Ключевые слова: зенитный ракетный комплекс, зенитная управляемая ракета, контрольно-испытательная станция, экспертная система контроля, информационно-контрольная модель.

APPROACH TO BUILDING A UNIVERSAL AUTOMATED CONTROL AND TEST STATION WITH USE OF EXPERT SYSTEMS

Alexander Permjakov (Doctor of Technical Sciences, Professor)
Yurii Pribyliev (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor)
Viktor Bobyluov (Candidate of Military Sciences, Senior Research Officer)

National Defense University of Ukraine named by Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

The article develops an approach to building a universal automated control and testing station using expert systems. An analysis of the airborne equipment of anti-aircraft guided missiles of methods and means of their control showed that the most difficult task to determine a reliable technical condition is to conduct, using test stations, the control and measurement operations of electronic anti-aircraft guided missiles.

The prospects of using expert systems in the field of technical control is shown, which allows to increase the effectiveness of monitoring the technical condition of airborne equipment of anti-aircraft guided missiles by taking into account the knowledge of experts, accumulating knowledge, taking into account the experience of experts and implementing self-training of an expert control system. The formation of information-control models of the current technical condition of anti-aircraft guided missiles (the set of all values of controlled parameters and their change in time, the "passport" of anti-aircraft guided missiles) is proposed, which makes it possible to make the forecast of the technical condition of anti-aircraft guided missiles more reliable by taking into account trends in changes in control parameters. This allows us to draw an extended conclusion on the results of the expert monitoring system: the anti-aircraft guided missile is operational (malfunctioning) or operational (inoperative), the parameters are outside the normal range and the following intercontrol interval is recommended.

The proposed structure of the control and testing station implements the control tasks in a comprehensive manner: according to the control program it provides stimulating signals, analyzes output reactions, replenishes the base of reference values of the measured signal parameters and forms information-control models of the current technical condition of the anti-aircraft guided missile, which are then compared using an algorithm with information -controlled models of the reference state of the anti-aircraft guided missile, which is controlled. The proposed approach to the construction of a universal automated control and test station using expert systems will ensure the construction of a universal unified automated control and test station with a variable configuration, which will allow automated control of several samples of anti-aircraft guided missiles with a high degree of reliability and recommend an intercontrol interval for it.

Key words: anti-aircraft missile system, anti-aircraft guided missile, control and testing station, expert control system, information-control model.

References

- 1. Korovyn A.N.** Raketnyie kompleksi PVO: tendentsii razvitiya. <https://topwar.ru/2217-raketnye-komplekсы-pvo-tendentsii-razvitiya.html>. **2. Karpenko D.V.** Osnovni problemy i naprjamy rozvytku zenitnogo raketnogo ozbrojennja v Ukrajinі na dovghostrokovu perspektyvu / D.V. Karpenko, D.A. Ghryb, V.V. Luk'janchuk, I.M. Nikolajev // Novitni tekhnologhiji – dlja zakhystu povitrijanogho prostoru. Tezy dopovidej. XIII naukova konferencija KhUPS, 08-09 kvitnja 2015 roku, Kharkiv, 2015, s. 108. <http://www.hups.mil.gov.ua/assets/doc/science/conference/1/1/section06.pdf> **3. Pribyljev Ju.B.,** Sakovyh L.V. Pidkhid do pobudovy unifikovanoj universalnoj avtomatyzovanoj kontroljno-vyprobuvalnoj stanciji raketnogo ozbrojennja. Naukovo-teoretychnyj ta naukovo-praktychnyj zhurnal "Nauka i oborona", #1, 2017. S. 42-48. <http://nio.nuou.org.ua/article/view/158066/157411>. **4. Pribyljev Ju.B.** Konceptija pobudovy kontroljno-vyprobuvalnoj stanciji. Naukovyj zhurnal "Suchasni informacijni tekhnologhiji u sferi bezpeky ta oborony". Kyjiv: NUOU, 2018. Vyp. #2(32). S.103-106. <http://sit.nuou.org.ua/article/view/157983/157607> **5. Zherdjev M. K.** Naprjamy rozvytku system kontrolju tekhnichnogho stanu i diagnostuvannja skladnykh tekhnichnykh system / [M.K.Zherdjev, V.V.Vyshnivs'kyj, I.V.Pampukha, O.Ju. Skujbida]: zb. nauk. Pracj VIKNU imeni Tarasa Shevchenka. – 2006. – №3. – S.22–25. http://www.library.univ.kiev.ua/ukr/host/viking/db/ftp/univ/znp_vi_knu/znp_vi_knu_2006_03.pdf **6. Kovalenko A.S.** Analiz effektivnosti ispolzovaniya ekspertnoj sistemyi tehničeskoy diagnostiki s traditsionnoj strukturoj / A.S. Kovalenko, A.A. Smirnov, A.V. Kovalenko // Sistemi ozbroEnnja I vlyskova tehnika. H.: HUPS, 2014. – # 2(38). – S. 106-108. <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/2387> **7. Mykhaljchuk M.V.** Ekspertna sistema tekhnichnoj diagnostyky dlja vyznachennja tekhnichnogho stanu elementiv kompleksiv zasobiv avtomatyzaciji. / M.V. Mykhaljchuk // Systemy obrobky informaciji. - Kh.: KhUPS, 2014. – Vyp. 2 (38). – S. 29–33. <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/11415> **8. Shkulipa P.A.** Problema rozrobky informacijnykh tekhnologhij dlja pobudovy avtomatyzovanykh system tekhnichnogho diagnostuvannja ob'ektiv radioelektronnoj tekhniki // Zbirnyk naukovykh pracj Nacionalnoj akademiji Derzhavnoj prykordonnoj sluzhby Ukrajinjy imeni B. Khmeljnyckogho. – Khmeljnyckyj, 2012. – №58, ch.II. – S.163 – 166. **9. Pribyljev Ju.B.** Udoskonalena kompleksna avtomatyzovana ekspertna sistema kontrolju tekhnichnogho stanu ta diagnostyky raketnogo ozbrojennja. / Ju.B. Pribyljev // Naukovyj zhurnal "Suchasni informacijni tekhnologhiji u sferi bezpeky ta oborony". K.: NUOU, 2017, vyp.#1(28). S.114-119. file:///C:/Users/pribi/Downloads/sitsbo_2017_1_22.pdf **10. Karpenko D.V.** Stan ta perspektyvy rozvytku zenitnogo raketnogo ozbrojennja Povitrijanykh Syl Zbrojnykh Syl Ukrajinjy / D.V. Karpenko // Naukovyj zhurnal "Nauka i tekhnika Povitrijanykh Syl Zbrojnykh Syl Ukrajinjy". – 2017, # 2(27). S. 75-78. <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/17539> **11. Ganin S.M.,** Karpenko A.M. Zenitnaya raketnaya sistema S-300. (Nevskiy bastion). Sankt-Peterburg, 2011. 71 s. **12. Akopyan I.** Mozg rakety: osobennosti postroeniya i tendentsii razvitiya golovok samonavedeniya dlya raket klassa "poverhnost-vozduh" i "vozduh-vozduh". Vozdushno-kosmicheskaya oborona, #3 (28) 2006. <http://militaryarticle.ru/voenno-kosmicheskaya-oborona/2006/12386-mozg-rakety>. **13. Luk'janchuk V.V.,** Nikolajev I.M., Openjko P.V., Dzubenko Ju.A. Shljakhy i pryncypy rozvytku tekhnologhichnogho bazysu zenitnogo raketnogo ozbrojennja / Naukovyj zhurnal "Suchasni informacijni tekhnologhiji u sferi bezpeky ta oborony". Kyjiv: NUOU, 2019. Vyp. #3(36). S.75-82. <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2019-36-3-75-82>