

ПИТАННЯ РОЗВИТКУ ЛОГІСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОДІВ ВІЙСЬК ПОВІТРЯНИХ СИЛ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ

DOI 10.33099/2786-7714-2025-1-8-76-83

УДК 621.396.96

¹Опенько Павло Вікторович (кандидат технічних наук, старший дослідник)

<http://orcid.org/0000-0001-7777-5101>

²Доска Олександр Михайлович (кандидат технічних наук)

<https://orcid.org/0000-0002-9874-8716>

²Сидоришена Варвара Павлівна

<http://orcid.org/0009-0009-42911-0196>

¹Ярошенко Ярослав Віталійович (доктор філософії)

<http://orcid.org/0000-0002-8651-4920>

¹Національний університет оборони України, Київ, Україна

²Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ НОВІТНІХ ЗЕНІТНИХ РАКЕТНИХ КОМПЛЕКСІВ

Досвід російсько-української війни свідчить про те, що значна роль в досягненні мети війни приділяється засобам повітряного нападу. Це, в свою чергу, обумовлює об'єктивну необхідність створення ефективної системи протиповітряної оборони військ та об'єктів для їх надійного прикриття від ударів з повітря.

Високу ефективність застосування засобів протиповітряної оборони неможливо досягти без підтримання в боеготовому стані зразків озброєння зенітних ракетних військ. Вирішення цього завдання покладається на систему технічного обслуговування і ремонту, одним з елементів якої становлять засоби технічного обслуговування і ремонту. Донедавна переважна більшість засобів технічного обслуговування і ремонту зенітних ракетних військ складала техніка, що розроблялась підприємствами-виробниками колишнього радянського союзу та поставлялась у війська разом з відповідними зразками озброєння. На теперішній час, країнами-партнерами у якості військової технічної допомоги разом з новітніми зенітними ракетними комплексами було надано сучасні засоби технічного обслуговування і ремонту та проведено підготовку фахівців з технічного забезпечення. При цьому основний акцент у підготовці зроблено на використання експлуатаційної документації, в той же час доступ до зазначеної документації в повній мірі не надавався, що ускладнювало розуміння принципів та особливостей побудови структурних елементів новітніх комплексів. Це, в свою чергу, не дозволяє в повній мірі здійснювати технічну експлуатацію складових частин зенітних ракетних комплексів, у тому числі виконувати відновлювальні ремонти у разі їх пошкодження.

Виходячи з зазначених особливостей в статті проведений аналіз існуючої системи технічного обслуговування і ремонту радіоелектронних засобів зенітних ракетних комплексів та запропонований підхід щодо її удосконалення з урахуванням рекомендацій іноземних виробників озброєння та досвіду технічної експлуатації при веденні бойових дій.

Ключові слова: радіоелектронний засіб, система технічного обслуговування і ремонту, новітні зенітні ракетні комплекси, рівні технічного обслуговування і ремонту.

Вступ

На сьогодні в Повітряних Силах (ПС) Збройних Сил (ЗС) України на озброєнні перебувають зенітні ракетні комплекси (ЗРК) радянського та іноземного виробництва, у тому числі новітні комплекси з відкритою архітектурою, такі як NASAMS та IRIS-T SLM. Підтримання існуючого парку озброєння в боездатному стані є складним завданням для існуючої системи технічного обслуговування і ремонту (ТОіР) та характеризується деякими особливостями, пов'язаними з:

значною кількістю виробів, так званого “старого” парку, у яких закінчився призначений термін служби або такі, що відпрацювали призначений ресурс;

бойовими пошкодженнями засобів (складових частин) ЗРК;

наявним дефіцитом запасних частин, інструменту та приладдя (ЗІП) та тривалими термінами їх

поповнення;

існуючим рівнем кваліфікації технічного персоналу, здатного виконувати ремонти новітніх ЗРК, а в деяких випадках і його відсутність;

відсутністю в Україні замкнутої системи серійного виробництва радіоелектронних засобів ЗРК та засобів їх ТОіР;

відсутністю системи збору, аналізу та обробки інформації про надійність новітніх радіоелектронних засобів ЗРК, їхніх складових частин;

відсутністю необхідної ремонтної та технічної документації на новітні зразки ЗРК тощо.

Все це призводить до зменшення рівня технічної готовності значної кількості засобів ЗРК, а в наслідок цього – до підвищення ймовірності зниження ефективності протиповітряної оборони країни. З метою вирішення зазначеного питання необхідно взяти термінові та кардинальні заходи для

підвищення ефективності процесів ТОiР радіоелектронних засобів ЗРК до потрібного рівня. Тому тема статті, пов'язана з обґрунтуванням напрямів удосконалення системи ТОiР радіоелектронних засобів новітніх ЗРК, є актуальною.

Матеріали та методи

На даний час в ПС ЗС України в системі ТОiР відбуваються істотні зміни в напрямку [1]: розробки керівних документів з організації ТОiР ЗРК; розробки методик та моделей оцінки технічного стану ЗРК та оцінки можливостей ремонтно-відновлювальних органів щодо проведення ремонтів новітніх комплексів; організації та проведення робіт, пов'язаних з удосконаленням системи логістичного забезпечення новітніх ЗРК тощо.

Розроблені національні стандарти України серії В 15 регулюють систему розроблення і поставлення на виробництво озброєння та військової техніки. Так, в [2] загальні положення стосуються основних принципів та вимог до ремонту військової техніки, включаючи класифікацію різних видів і методів ремонту, особливостей планування ремонту. В [3] визначаються принципи і правила експлуатації озброєння та військової техніки, встановлюються вимоги до документації, пов'язаної з експлуатацією та забезпечується ефективне використання ресурсів і підтримки технічного стану. Стандарт [4] охоплює технічне обслуговування та ремонт техніки, встановлюючи основні положення та вимоги до цих процесів, спрямований на забезпечення ефективності та надійності продукції, а також на оптимізацію її життєвого циклу.

В [5] визначено загальні принципи та описано процес аналізу підтримки продукції (Product Support Analysis). Представлені вимоги до підтримки продукції протягом її життєвого циклу, наведені методи і процедур аналізу підтримки продукції, покликані для забезпечення відповідності продукції вимогам надійності, обслуговуваності та економічності ефективності. В [6] визначено стандартизовану методологію для впровадження заходів, передбачену стандартом [5], з метою створення ефективної системи ТОiР виробу. На основі даного документу виробниками конкретного озброєння розробляється система ТОiР та формуються вимоги до навичок обслуговуючого персоналу.

У роботі [7] розглянуті питання видів та існуючих рівнів їх технічного обслуговування засобів зв'язку і автоматизованих систем управління, які застосовуються фірмами-виробниками, а також необхідність вдосконалення нині діючої системи ТОiР та внесення змін до керівних документів з технічного забезпечення.

Стандарт [8] регулює технічне діагностування та контроль технічного стану об'єктів, встановлює терміни та визначення основних понять у цій галузі, що є обов'язковими для використання в документації, науково-технічній літературі та інформаційних системах, забезпечує єдність у підходах до діагностування та контролю технічного стану об'єктів.

У роботі [9] описується загальна організація та процес прийняття рішення щодо визначення завдання, інтервалів та вимог до планового технічного обслуговування літальних апаратів. Запропоновано завдання і інтервали планового ТО розробляти та узгоджувати сумісно з фахівцями підприємств виробника та органу регулювання країни-виробника.

Позапланове ТО розглядається лише з точки зору дій для усунення невідповідностей, виявлених при плановому ТО або при експлуатації техніки.

Таким чином, механізм функціонування системи ТОiР ЗРК визначається розпорядчими, плануючими, експлуатаційними та іншими керівними документами. Загальні вимоги, що стосуються організації ремонту ЗРК, наведені в державних та галузевих стандартах з експлуатації і ремонту озброєння і військової техніки [2, 3, 4], але механізм організації та проведення технічного обслуговування новітніх ЗРК, зазначеними документами у повній мірі не визначений.

Технічна документація, яка надійшла разом з новітніми комплексами, спрямована на підготовку експлуатуючого персоналу (бойових обслуг) [10, 11]. Питання ТОiР розглядаються на базовому рівні. Так, електричні схеми, принципові схеми з відповідними описами типових елементів заміни на більшості складових частин засобів новітніх ЗРК відсутні. Особливості, пов'язані з досвідом технічної експлуатації при веденні бойових дій, враховуються шляхом внесення змін в технічну документацію та розробки відповідних рекомендацій, що потребує значного часу.

Математична модель з використанням напівмарківського випадкового процесу для виробів військової техніки, що обслуговуються за стратегією експлуатації за станом з контролем параметрів розглянуто в [12]. За модель несправності прийнято дифузійно-монотонний закон розподілу, властивий виробам механічного типу. Модель враховує помилки I типу.

У статті [13] запропоновано методичний підхід до розрахунку кількості запасних частин для усунення бойових пошкоджень та відновлення працездатності систем озброєння (ОВС) на основі критеріїв мінімізації вартості ЗПП, відповідності вимогам запасних частин, інструменту, інвентарю та матеріалів, а також своєчасності ремонту пошкоджених ОВ. Основні моменти методичного підходу (математична формалізація завдання, основні розрахункові коефіцієнти, етапи та порядок розрахунку запасів ЗПП) представлені спрощеною схемою розрахунку ЗПП для забезпечення ліквідації бойових пошкоджень ВС та відновлення працездатності. В якості показника достатності запасних частин для забезпечення ліквідації бойових ушкоджень і відновлення працездатності ВС використовується ймовірність достатності та розроблена математична модель її розрахунку.

У [14] уведено методику визначення оптимальної періодичності ТО окремих зразків аеродромно-будівельної техніки, що експлуатується поза встановленим ресурсом. Розроблена методика враховує періодичність і тривалість технічного обслуговування, поточного ремонту, надійність контролю обладнання, ймовірність отримання сигналів про несправність, тривалість повного відновлення виробу.

У статті [15] наведено методику розробки математичної моделі процесу зміни технічного стану стандартів будівельної техніки в процесі експлуатації за технічним станом. Наведена методика базується на використанні методу групового врахування аргументів і враховує можливість використання в якості цих вихідних оцінок показників безвідмовності, експлуатаційних спостережень, отриманих за

нестационарно-точними результатами.

Зазначені особливості не дозволяють ефективно здійснювати технічну експлуатацію радіоелектронних засобів новітніх ЗРК в умовах сьогодення.

Метою статті є визначення напрямків удосконалення системи ТОіР радіоелектронних засобів новітніх ЗРК з урахуванням особливостей експлуатації в ході ведення бойових дій та рекомендацій підприємств-виробників комплексу.

Результати

Усі види робіт з експлуатації та ремонту засобів ЗРК, які знаходяться на озброєнні ПС ЗС України, реалізуються в системі експлуатації і ремонту, структура якої визначається державним стандартом України [3].

За функціональною ознакою система експлуатації і ремонту ЗРК може бути поділена на три підсистеми (рис. 1): цільового використання (ЦВ); технічної експлуатації і ремонту (ТЕіР); організації і забезпечення експлуатації та ремонту (ОЗЕР).

При цьому кожній з цих підсистем відповідає свій процес функціонування:

підсистемі ЦВ – процес використання за призначенням ЗРО;

підсистемі ТЕіР – процес підтримання і відновлення справності (працездатності) ЗРК;

підсистемі ОЗЕР – процес організації і забезпечення цільової і технічної експлуатації ЗРК та ремонту.

Підсистема ЦВ – це сукупність засобів ЗРК, особового складу бойових обслуг (підрозділів), документації (правил), які регулюють їх взаємодію на етапі експлуатації, протягом якого ЗРК працює відповідно до його функціонального призначення (відповідно до типової циклограми використання за призначенням).

Підсистема ТЕіР – це сукупність взаємоз'язаних ЗРК, засобів їх технічної експлуатації і ремонту, виконавців і документації, взаємодія яких відбувається відповідно до завдань кожного етапу експлуатації і ремонту.

Технічна експлуатація спрямована на підтримання технічних характеристик ЗРК впродовж встановлених ресурсів і термінів служби та забезпечення ефективного їх використання при економних витратах трудових, матеріальних і часових ресурсів [3].

До складу підсистеми ТЕіР входять підсистема технологічного обслуговування (ТЛО) та підсистема ТОіР ЗРК (дивись рис. 1).

При цьому під ТЛО розуміємо комплекс операцій з підготовки виробу до використання за призначенням, зберігання, транспортування та приведення його в вихідний стан після цих процесів, не пов'язаних з підтримкою надійності виробу. До ТЛО відносяться операції зі згортання та розгортання, із заправки паливом тощо.

Технічне обслуговування ЗРК проводиться силами і засобами експлуатуючих організацій відповідно до експлуатаційної документації і з метою підтримки працездатності (або справності) ЗРК [4]. Для окремих елементів ЗРК технічне обслуговування може виконуватися силами і засобами підприємств промисловості, або сервісних підприємств на основі двосторонніх угод (договорів).

Загальною концепцією підтримки ЗРК в справному (або безздатному) стані є впровадження підсистеми ТОіР, яка являє собою регламентовану

систему з контролем технічного стану [12].

Система ТОіР включає в себе три підсистеми: контролю технічного стану ЗРК; технічного обслуговування ЗРК; ремонту ЗРК.

Підсистема контролю технічного стану ЗРК призначена для своєчасного визначення ступеня готовності ЗРК до застосування за призначенням, а також обсягів і термінів проведення ТОіР. Вона включає в себе об'єкт контролю, види контролю технічного стану, документацію та засоби контролю технічного стану ЗРК [8].

Підсистема технічного обслуговування ЗРК призначена для підтримання працездатності або справності ЗРК при використанні за призначенням, очікуванні, зберіганні і транспортуванні [4].

Метою функціонування системи ТОіР є управління технічним станом зразків ЗРК протягом їхнього терміну служби або ресурсу до списання, яке дозволяє забезпечити [4]: заданий рівень готовності ЗРК до використання за призначенням і їхню працездатність у процесі використання; мінімальні затрати праці і коштів на виконання ТОіР ЗРК.

В якості стратегій функціонування системи ТОіР в залежності від типової циклограми використання за призначенням ЗРК, що перебувають в експлуатації [12], можливе застосування стратегії регламентованого ТОіР за наробітком (за календарним терміном служби), при якій перелік і періодичність виконання операцій визначаються значенням наробітку (календарною тривалістю експлуатації) з початку експлуатації або після ремонту [13, 14]. Крім того, можливо застосування стратегії ТОіР за станом, при якій перелік і періодичність операцій, що виконуються визначається фактичним технічним станом виробу в момент початку ТОіР [15, 16, 17].

Разом з тим, в країнах-партнерах визначені підходи, що дозволяють організувати проведення ТОіР компонентів та систем військового призначення з урахуванням їх вартості, часу, необхідного для ремонту, а також доступних ресурсів. Основною метою є підвищення ефективності ТОіР військового обладнання, збереження боєздатності та оперативної готовності техніки [18, 19].

В основі підходу [18, 19] покладений процес проведення аналізу рівня ТОіР, що включає:

оцінювання вартості ТОіР;

оцінювання часу ТОіР;

оцінювання запасів запасних частин та їх доступності;

оцінювання складності ТОіР;

оцінювання навичок обслуговуючого персоналу, необхідні для завершення конкретного обслуговування та ремонту.

Після проведення оцінювання того, що знадобиться для усунення конкретних проблем, визначає тип робіт, які мають бути виконані, і хто їх має виконувати.

За цією методологією виділяють декілька рівнів ТОіР. Зокрема, підприємствами виробниками новітніх ЗРК впроваджено чотири рівні ТОіР [10, 11]:

Organizational (O-рівень) (організаційний);

Intermediate (I-рівень) (середній);

Depot (D-рівень) (депо);

Industry (FSR-рівень) (підприємство).

Можливості з ТОіР новітніх ЗРК на кожному з рівнів наведено в табл. 1.

Система експлуатації та ремонту ЗРК

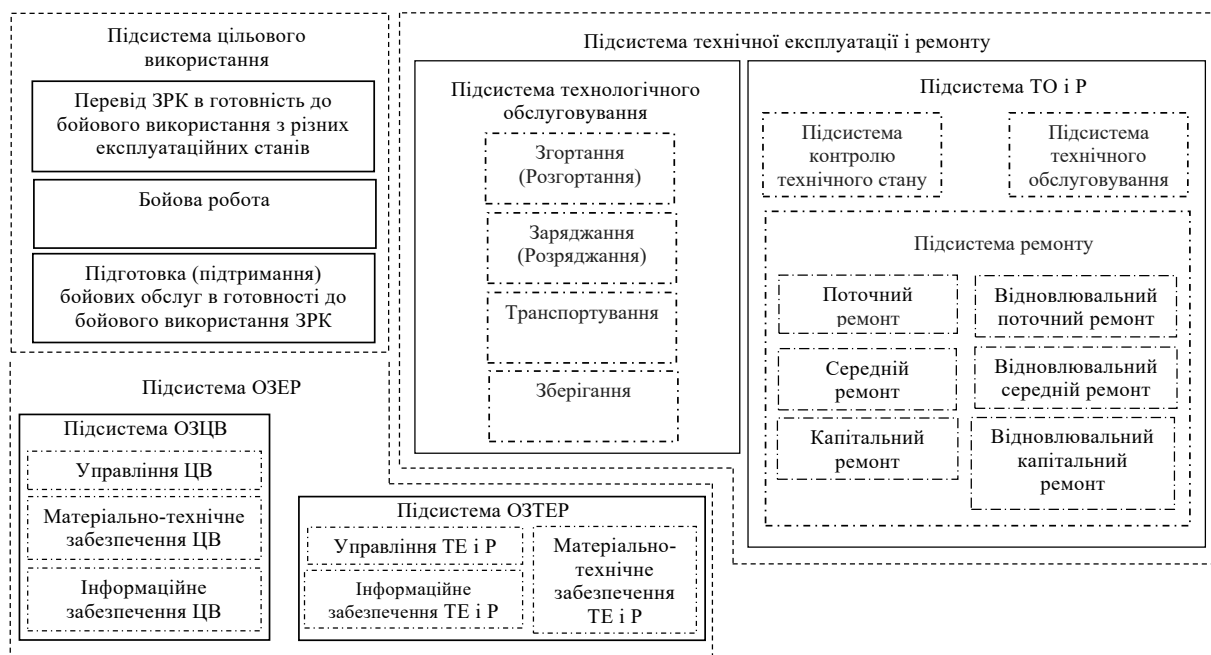


Рисунок 1. Функціональна структура системи експлуатації і ремонту ЗРК ПС ЗС України

О-рівень відноситься до операторів бойових обслуг складових елементів ЗРК, які експлуатують і обслуговують ці засоби та можуть допомогти інженеру з усуненням несправностей, а у разі збоїв обчислювальної техніки спроможні здійснити її перезапуск. Для проведення ТОіР на О-рівні використовуються тільки ЗІП, що зберігаються на елементах комплексу [10, 11].

Обслуговування елементів ЗРК на І-рівні проводиться інженерами підрозділів ТОіР із залученням операторів бойових обслуг. При цьому виконуються ремонтні роботи в польових умовах, тобто ремонт елемента комплексу шляхом демонтажу та заміни несправних типових

елементів заміни (ТЕЗ) безпосередньо в позиційних районах військових частин. Для цього використовуються машини ремонту та технічного обслуговування та ЗІП, що зберігається в підрозділі. Несправні ТЕЗ в подальшому відсилаються для їх відновлення на D-рівень. Крім того, інженерами І-рівня, може бути проведена заміна несправних зенітних керованих ракет [10, 11].

На D-рівні всі несправні ТЕЗ ремонтуються шляхом заміни деталей, а у разі неможливості пересилаються до підприємства-виробника. Для цього використовується спеціальне обладнання та ЗІП пунктів ТОіР.

Таблиця 1

Розподіл можливостей з ТОіР новітніх ЗРК за рівнями обслуговування

Рівень ТО і Р	Підрозділ, техніка	Особовий склад	Можливості з ТОіР
О-рівень	Вогневий підрозділ, елементи ЗРК	Оператори	- Обслуговування елементів ЗРК на О-рівні; - Попереджувальне ТО малої періодичності на О-рівні; - Контроль функціонування елементів ЗРК.
І-рівень	Вогневий підрозділ, відділення ТОіР, елементи ЗРК, машини ТОіР, машини ЗІП	Інженери	- Тестування елементів ЗРК із використанням сервісного ноутбуку (спеціального програмного забезпечення); - Попереджувальне ТО середньої та великої періодичності на І-рівні; - Заміна простих типових елементів заміни (ТЕЗ); - Налаштування елементів ЗРК та виявлення/локалізація несправностей; - Ремонт елементів ЗРК на рівні простих ТЕЗ; - Заміна несправних ракет; - Виконання процедур забезпечення безпеки.
D-рівень	Пункт ТОіР, елементи ЗРК, спеціальне обладнання та устаткування	Інженери, фахівці підприємств-виробників	- Комплексні процедури пошуку і діагностики несправностей; - Ремонт елементів ЗРК на рівні складних ТЕЗ; - Ремонт окремих ТЕЗ; - Попереджувальне ТО середньої та великої періодичності на D-рівні; - Заміна відсіків ЗРК; - Підтримка фахівців відділення ТОіР; - Постачання ЗІП.
FSR-рівень	Потужності підприємства	фахівці підприємств-виробників	- Ремонт до рівня компонентів; - Капітальний ремонт та модернізація; - Підтримка фахівців D-рівня.

Крім того, фахівці D-рівня здійснюють підтримку персоналу з питань обслуговування на О/І-рівні. Технічне обслуговування та ремонт окремих складових частин може здійснюватися за допомогою створеної структури обслуговування субпідрядників або його партнерів (представників) у відповідній країні [10, 11].

Виробники оригінального обладнання проводять ТОiP зразків ЗРК на FSR-рівні. При цьому проводяться середні та капітальні ремонти техніки, з відновленням її ресурсу. Здійснюється підтримка персоналу на D-рівня [10, 11].

Реалізація чотирьохрівневого підходу ТОiP новітніх ЗРК ґрунтується на регламентованій стратегії ТОiP, де основна роль належить періодичним видам ТО (наприклад, щоденне, щотижневe, щомісячне, квартальне та ін.) та ТО за наробітком (наприклад, 500 год наробітку агрегата живлення) [10].

Стратегія ремонту обирається з урахуванням не тільки витрат на ремонт і ЗІП, але і ймовірностей пошкоджень складових частин [20], оперативної готовності та критичності складових елементів для функціонування складових частин або комплексу в цілому.

Реалізація зазначеного підходу потребує відповідної підготовки обслуговуючого персоналу за принципом поетапного навчання, що дозволяє провести кращу адаптацію навчаємих до нових технологій.

Виділяють базовий, стандартний та просунутий рівень підготовки (табл.2).

На базовому рівні підготовки оператори та інженери знайомляться зі структурою зразків озброєння та принципами їх побудови. Цей рівень відповідає першому або організаційному рівню технічного обслуговування (О-рівень).

Таблиця 2

Вимоги, щодо навичок обслуговуючого персоналу новітніх ЗРК

Рівні майстерності	Опис вимог
Оператор базового рівня	може назвати призначення, склад та порядок функціонування зразка озброєння; може пояснити структуру зразка озброєння за структурною схемою; експлуатує виріб у стандартному режимі; виконує прості функціональні перевірки та операції ТО; видає звіти про збої/відмови; при використанні враховує можливі небезпеки, користується інструкціями по заходах безпеки; правильно використовує технічну документацію; при обслуговуванні розуміє та правильно застосовує заходи безпеки (включаючи випадки відмови).
Оператор стандартного рівня	здатний працювати без сторонньої допомоги; експлуатує зразок у повному функціональному обсязі; керує зразком озброєння через стандартний графічний інтерфейс; зберігає стандартні набори даних, необхідні для експлуатації техніки (наприклад, координати, системне середовище, інтерфейси); виконує резервне копіювання оперативних даних.
Оператор просунутого рівня	уміє здійснювати технічну підтримку колег; здійснює резервне копіювання оперативних даних; підтримує та коригує (оптимізує) спеціальні набори даних необхідні для експлуатації техніки; призначає та адмініструє доступ користувачів, права та ролі.
Інженер стандартного рівня	здатний працювати без сторонньої допомоги; може усувати типові несправності; вирішує стандартні проблеми з технікою; виконує стандартне профілактичне ТО; виконує заміну ТЕЗ; працює зі стандартними інструментами та вимірювальним обладнанням.
Інженер просунутого рівня	уміє здійснювати технічну підтримку колег; вирішує складні проблеми з технікою; може усувати несправності; може налаштувати конфігурацію зразка/системи в стандартних ситуаціях; відновлює програмне забезпечення та виконує оновлення програмного забезпечення; працює зі спеціальними інструментами та вимірювальним обладнанням

На стандартному рівні оператори можуть експлуатувати зразки озброєння самостійно в стандартних ситуаціях. Інженери можуть проводити ТОiP шляхом заміни ТЕЗ. Цей рівень відповідає другому або середньому рівню технічного обслуговування (І-рівень).

На просунутому рівні оператори та інженери стають експертами з експлуатації зразка озброєння. Завдяки поєднанню глибоких знань і практичного досвіду фахівці цього рівня можуть здійснювати підготовку фахівців базового рівня. Просунутий рівень підготовки інженерів передбачає вміння використовувати спеціальні інструменти і діагностичне обладнання. Цей рівень відповідає третьому рівню технічного

обслуговування (D-рівень). Просунутий рівень підготовки операторів дозволяє здійснювати технічний нагляд за зразком озброєння, а також задавати бойові конфігурації та здійснювати адміністрування зразка.

Реалізація зазначених вимог (табл. 2) дозволяє більш якісно та оперативно здійснити підготовку бойових обслуг новітніх ЗРК, що є важливим аспектом в умовах ведення бойових дій.

Обговорення

Проведений аналіз складових елементів системи експлуатації та ремонту ЗРК та розроблено її функціональну структуру, що дозволило використати комплексний підхід до визначення напрямків удосконалення системи

ТОіР радіоелектронних засобів новітніх ЗРК.

Проаналізовані національні стандарти країн-партнерів та рекомендації підприємств-виробників новітніх ЗРК, з метою визначення концептуальних підходів до організації ТОіР та виявлення основних розбіжностей в організації ТОіР новітніх ЗРК.

Встановлено, що створення системи ТОіР новітніх ЗРК проводиться за принципами мінімізації вартісних, часових та ресурсних затрат при забезпеченні вимог до безздатності та оперативної готовності техніки. При цьому, на відміну від існуючої, створюється чотирьохрівнева система ТОіР та висуваються відповідні вимоги до обслуговуючого персоналу.

Висновки

Впровадження зазначеного підходу в систему ТОіР дозволяє оптимізувати витрати на ремонт і обслуговування ЗРК; забезпечити збереження високого рівня готовності ЗРК до виконання завдань за призначенням завдяки ефективному управлінню ТОіР; забезпечити мінімальний час для проведення ТОіР та повернення техніки в експлуатацію.

Список використаних джерел

1. O. Doska, O. Balabukha, and M. Oleksyn, "Assessment of the technical condition of ground based air defense systems damaged during combat operations," в "Новітні технології для захисту повітряного простору": матеріали XX міжнародної наукової конференції Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна, 2-3 травня, 2024, pp. 246.
2. Система розроблення і поставлення на виробництво озброєння та військової техніки. Ремонт озброєння та військової техніки. Основні положення. Класифікація: ДСТУ В 15.602:2022, [Online]. Available: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=99708. [Accessed: Apr. 7, 2025].
3. Система керування життєвим циклом озброєння та військової техніки. Використання (експлуатавання) озброєння та військової техніки. Основні положення: ДСТУ В 15.502:2023, [Online]. Available: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=102725. [Accessed: Apr. 7, 2025].
4. Система розробки і постановки продукції на виробництво. Технічне обслуговування та ремонт техніки. Основні положення: ГОСТ 15.601-98, [Online]. Available: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=69929. [Accessed: Apr. 7, 2025].
5. Aerospace standard. AS1390 Level of Repair Analysis, [Online]. Available: <https://www.sae.org/standards/content/prodcode>. [Accessed: Apr. 7, 2025].
6. Product Support Analysis TASTD0017A, [Online]. Available: <https://www.sae.org/standards/content/tastd0017a>. [Accessed: Apr. 7, 2025].
7. M. Ivchenko, V. Yarovy, N. Gryshyna, and V. Tkach, "Напрями вдосконалення системи технічного обслуговування засобів зв'язку та АСУ ЗС України," Збірник наукових праць БІТІ, № 1, 2019, с. 18-22.
8. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення. ДСТУ 2389-94, Київ: Держстандарт України, 1995, 75 с.
9. ATA MSG-3. Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development. Revision 2005.1, Air Transport Association of America, Inc., 1301 Pennsylvania Avenue, NW – Suite 1100 Washington, DC 20004-1707 USA, 2005, 77 p.
10. "IRIS-T SLM Medium Range Ground Based Air Defense System," Interactive Electronic Technical Publications

(DokMApp ver. 1.8.0), Diehl Defense, 2023.

11. "NASAMS Ukraine – Theory of operation," ADS-N0013-00027-00 (Issue No. 001, 13.09.2022), Kongsberg Defense & Aerospace, 2022, 50 p. (Electronic Technical Publications), Raytheon Company, 2019.

12. V. Mirnenko, S. Pustovyi, O. Radko, P. Yablonskyi "Mathematical model of military equipment products maintenance for the condition-based operation strategy taking into account type I errors", Journal of KONBiN, Volume 50, Issue 1, p. 269-281, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.2478/jok-2020-0016>.

13. V. Mirnenko, V. Tyurin, P. Openko, O. Doska, A. Bulay, M. Myroniuk "Calculation Method Modification of Spare Parts Quantity to Restore Operability of Weapon Systems", Advances in Military Technology. Vol. 16, Issue 1, P. 121–132, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3849/aimt.01479>.

14. O. Avramenko, O. Matsko, V. Polishchuk, M. Pidhorodetskyi, A. Sali, O. Sali, O. Korshets, R. Duzhyi "Determination of the optimal technical servicing periodicity of samples of aerodrome construction equipment", Strength Mater. Theory Struct., № 107, с. 265–280, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2021.107.265-280>.

15. P. Openko, V. Bychenkov, V. Polishchuk, M. Pidhorodetskyi, A. Sali, O. Sali, "Development of mathematical models of process of change of the technical condition of samples of building technique is during realization of strategy of technical exploitation according to condition", Strength Mater. Theory Struct., № 110, с. 375–392, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2023.110.375-392>.

16. V. Lukyanchuk, B. Lanetskyi, I. Koval, V. Tyurin, P. Openko, and V. Khoma, "Model of the Surface-to-Air Missile System Reliability during Long-Term Operation," Advances in Military Technology, vol. 16, no. 2, pp. 277-288, 2021, doi: 10.3849/aimt.01506.

17. В. Воронін, В. Бурцев, О. Коломійцев, М. Деменко, та інші, "Впровадження планово-попереджувальної стратегії технічного обслуговування і ремонту для модернізованих зразків зенітного ракетного озброєння," Military affairs and national security, no. 189, 2024, pp. 656-671, doi: 10.51582/interconf.19-20.02.2024.066.

18. A. M. Smith and G. R. Hincheliff, "RCM: gateway to world class maintenance", Elsevier Inc., Burlington, USA, 2004, 340 p.

19. Д. Грив, Б. Ланецький, і В. Лук'яничук, "Удосконалення методів технічної експлуатації і ремонту як основа підтримання боєготового стану зенітного ракетного озброєння в сучасних умовах," Наука і оборона, no. 3, 2012, pp. 55-63.

20. П. Опенько, В. Поліщук, М. Миронюк, А. Козир, "Досвід застосування адаптивних стратегій технічного обслуговування і ремонту озброєння та військової техніки в державах-членах НАТО," Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Т. 2, № 8, 2021, с. 101-111, doi: 10.37701/dndivsovt.8.2021.11.

21. П. Опенько, П. Яблонський, О. П'явчук, А. Козир, "Математична модель технічного обслуговування зразків озброєння та військової техніки з використанням розподілу часу безвідмовної роботи виробів у вигляді закону Вейбула," Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Т. 12, № 2, 2022, с. 93-108, doi: 10.37701/dndivsovt.12.2022.10.

22. "Aerospace standard AS1390. Level of Repair Analysis (LORA)," SAE International, 2014, 55 p.

23. "Military standard. Level of repair analysis. MSL-STD-1390D," U.S. Department of Defense, 1993, 343 p.

24. Д. Запара, М. Бровко, С. Бортновський, та П. Опенько, "Формалізація процедури прогнозування пошкоджень озброєння та військової техніки зенітних ракетних військ в перспективній автоматизованій системі управління матеріально-технічним забезпеченням," Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони, Т. 1, № 31, 2018, с. 31-36.

¹Pavlo Openko (PhD, Senior Researcher)
<http://orcid.org/0000-0001-7777-5101>

²Oleksandr Doska (PhD)
<https://orcid.org/0000-0002-9874-8716>

²Varvara Sydoryshena
<http://orcid.org/0009-0009-42911-0196>

¹Yaroslav Yaroshenko (PhD)
<http://orcid.org/0000-0002-8651-4920>

¹The National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

²Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine

AREAS FOR IMPROVING THE MAINTENANCE AND REPAIR SYSTEM OF RADIO-ELECTRONIC EQUIPMENT IN MODERN SURFACE-TO-AIR MISSILE SYSTEMS

The experience of the Russian-Ukrainian war demonstrates that a significant role in achieving the objectives of war is assigned to means of air attack. This, in turn, objectively necessitates the creation of an effective air defense system for both troops and strategic facilities to ensure reliable protection against aerial strikes.

High effectiveness in the use of air defense systems cannot be achieved without maintaining the operational readiness of surface-to-air missile systems. Responsibility for this lies with the maintenance and repair system, one of its components being maintenance and repair equipment. Until recently, the majority of maintenance and repair equipment for surface-to-air missile troops consisted of equipment developed by enterprises of the former Soviet Union and supplied to the armed forces together with the corresponding weapon systems.

Currently, partner countries have provided modern surface-to-air missile systems along with contemporary maintenance and repair equipment as part of military-technical assistance. Specialist training in technical support has also been conducted. However, the main emphasis during training was placed on the use of operational documentation. At the same time, full access to this documentation was not granted, complicating the understanding of the principles and design features of modern systems. As a result, it is currently impossible to fully operate the components of surface-to-air missile systems or to carry out restorative repairs in case of damage.

Given these features, this article analyzes the existing system for the maintenance and repair of the radio-electronic equipment of surface-to-air missile systems and proposes an approach for its improvement, taking into account recommendations from foreign weapon manufacturers and the experience gained in technical operation during combat.

Keywords: radio-electronic equipment, maintenance and repair system, modern surface-to-air missile systems, levels of maintenance and repair.

References

1. O. Doska, O. Balabukha, and M. Oleksyn, "Assessment of the technical condition of ground based air defense systems damaged during combat operations," in *Novitni tekhnolohii dlia zakhystu povitrianoho prostoru: materialy XX mizhnarodnoi naukovoï konferentsii Kharkivskogo natsionalnoho universytetu Povitrianykh Syl imeni Ivana Kozheduba "Novitni tekhnolohii – dlia zakhystu povitrianoho prostoru"*, Kharkiv, Ukraine, May 2-3, 2024, pp. 246.
2. "Systema rozroblennia i postavlennia na vyrobnytstvo ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki. Remont ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki. Osnovni polozhennia. Klasifikatsia: DSTU V 15.602:2022," [Online]. Available: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=99708. [Accessed: Apr. 7, 2025].
3. "Systema keruvannia zhyttievym tsyklom ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki. Vykrystannia (eksploatuvannia) ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki. Osnovni polozhennia: DSTU V 15.502:2023," [Online]. Available: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=102725. [Accessed: Apr. 7, 2025].
4. "Systema rozrobky i postavky produktsii na vyrobnytstvo. Tekhichne obsluhovuvannia ta remont tekhniki. Osnovni polozhennia: HOST 15.601-98," [Online]. Available: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=69929. [Accessed: Apr. 7, 2025].
5. "Aerospace standard. AS1390 Level of Repair Analysis," [Online]. Available: <https://www.sae.org/standards/content/prodcode>. [Accessed: Apr. 7, 2025].
6. "Product Support Analysis TASTD0017A," [Online]. Available: <https://www.sae.org/standards/content/tastd0017a>. [Accessed: Apr. 7, 2025].
7. M. M. Ivchenko, V. S. Yarovyi, N. S. Gryshyna, and V. O. Tkach, "Napriamy vdoskonaalennia systemy tekhnichnoho obsluhovuvannia zasobiv zv'yazku ta ASU ZS Ukrainy," *Zbirnyk naukovykh prats VITI*, no. 1, 2019, pp. 18-22.
8. "Tekhichne diahnostuvannia ta kontrol tekhnichnoho stanu. Terminy ta vyznachennia. DSTU 2389-94," Kyiv: Derzhstandart Ukrainy, 1995, 75 p.
9. "ATA MSG-3. Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development. Revision 2005.1," Air Transport Association of America, Inc., 1301 Pennsylvania Avenue,

- NW – Suite 1100 Washington, DC 20004-1707 USA, 2005, 77 p.
10. "IRIS-T SLM Medium Range Ground Based Air Defense System," Interactive Electronic Technical Publications (DokMApp ver. 1.8.0), Diehl Defense, 2023.
11. "NASAMS Ukraine – Theory of operation," ADS-N0013-00027-00 (Issue No. 001, 13.09.2022), Kongsberg Defense & Aerospace, 2022, 50 p. (Electronic Technical Publications), Raytheon Company, 2019.
12. V. Mirnenko, S. Pustovyi, O. Radko, P. Yablonskyi "Mathematical model of military equipment products maintenance for the condition-based operation strategy taking into account type I errors", Journal of KONBiN, Volume 50, Issue 1, p. 269-281, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.2478/jok-2020-0016>.
13. V. Mirnenko, V. Tyurin, P. Openko, O. Doska, A. Bulay, M. Myroniuk "Calculation Method Modification of Spare Parts Quantity to Restore Operability of Weapon Systems", Advances in Military Technology. Vol. 16, Issue 1, P. 121–132, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3849/aimt.01479>.
14. O. Avramenko, O. Matsko, V. Polishchuk, M. Pidhorodetskyi, A. Salii, O. Salii, O. Korshets, R. Duzhyi "Determination of the optimal technical servicing periodicity of samples of aerodrome construction equipment", Strength Mater. Theory Struct., № 107, c. 265–280, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2021.107.265-280>.
15. P. Openko, V. Bychenkov, V. Polishchuk, M. Pidhorodetskyi, A. Salii, O. Salii, "Development of mathematical models of process of change of the technical condition of samples of building technique is during realization of strategy of technical exploitation according to condition", Strength Mater. Theory Struct., № 110, c. 375–392, черв. 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2023.110.375-392>.
16. V. V. Lukyanchuk, B. M. Lanetskyi, I. V. Koval, V. V. Tyurin, P. V. Open'ko, and V. V. Khoma, "Model of the Surface-to-Air Missile System Reliability during Long-Term Operation," Advances in Military Technology, vol. 16, no. 2, pp. 277-288, 2021, doi: 10.3849/aimt.01506.
17. V. V. Voronin, V. V. Burtsev, O. V. Kolomiitsev, M. P. Demenko, and others, "Vprovadzhennia planovo-poperedzhuval'noi stratehii tekhnichnoho obsluhovuvannia i remontu dlia modernizovanykh zrazkiv zenitnoho raketnoho ozbroiennia," Military affairs and national security, no. 189, 2024, pp. 656-671, doi: 10.51582/interconf.19-20.02.2024.066.
18. A. M. Smith and G. R. Hincheliffe, RCM: gateway to world class maintenance, Elsevier Inc., Burlington, USA, 2004, 340 p.
19. D. A. Hryb, B. M. Lanetskyi, and V. V. Lukyanchuk, "Udoskonalennia metodyv tekhnichnoi eksploatatsii i remontu yak osnova pidtrymannia boiehotnoho stanu zenitnoho raketnoho ozbroiennia v suchasnykh umovakh," Nauka i oborona, no. 3, 2012, pp. 55-63.
20. P. V. Open'ko, V. V. Polishchuk, M. Yu. Myroniuk, A. H. Kozyr, "Dosvid zastosuvannia adaptivnykh stratehii tekhnichnoho obsluhovuvannia i remontu ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki v derzhavakh-chlenakh NATO," Zbirnyk naukovykh prats Derzhavnoho naukovo-doslidnoho instytutu vyprobuvan i sertifikatsii ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki, vol. 2, no. 8, 2021, pp. 101-111, doi: 10.37701/dndivsovt.8.2021.11.
21. P. Open'ko, P. Yablonskyi, M. Myroniuk, O. P'yavchuk, A. Kozyr, "Matematychna model' tekhnichnoho obsluhovuvannia zrazkiv ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki z vykrystanniam rozpodilu chasu bezvidmovnoi roboty vyrobiv u vyhliadi zakon Veybula," Zbirnyk naukovykh prats Derzhavnoho naukovo-doslidnoho instytutu vyprobuvan i sertifikatsii ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki, vol. 12, no. 2, 2022, pp. 93-108, doi: 10.37701/dndivsovt.12.2022.10.
22. "Aerospace standard AS1390. Level of Repair Analysis (LORA)," SAE International, 2014, 55 p.
23. "Military standard. Level of repair analysis. MSL-STD-1390D," U.S. Department of Defense, 1993, 343 p.
24. D. M. Zapara, M. B. Brovko, S. A. Bortnovskyi, and P. V. Open'ko, "Formalizatsiia protsedury prohnouzuvannia poshkodzen' ozbroiennia ta viiskovoi tekhniki zenitykh raketnykh viisk v perspektyvni avtomatyzovanii systemi upravlinnia material'no-tekhnychnym zabezpechennia," Suchasni informatsiini tekhnolohii u sferi bezpeky ta oborony, vol. 1, no. 31, 2018, pp. 31-36.