Опенько П.В., Поліщук В.В., МIRONЮК М.Ю. Національний університет оборони України
імені Івана Черняхівського

Козир А.Г. Державний науково-дослідний інститут випробувань і сертифікації озброєння
та військової техніки

ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ АДАПТИВНИХ СТРАТЕГІЙ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ В ДЕРЖАВАХ-ЧЛЕНАХ НАТО

Експлуатація озброєння та військової техніки, виконання комплексу заходів щодо підтримання озброєння та військової техніки в працездатному стані пов'язані з необхідністю вирішення завдання забезпечення заданих показників ефективності їх експлуатації, особливо зразків з великими термінами перебування в експлуатації.

Враховуючи поточний стан вітчизняного парку озброєння та військової техніки, актуальним є вивчення досвіду держав-членів НАТО з питань впровадження адаптивних стратегій їх технічного обслуговування і ремонту, в тому числі стратегій технічного обслуговування і ремонту за станом.

Метою статті є проведення аналізу сучасного стану використання адаптивних стратегій технічного обслуговування і ремонту озброєння та військової техніки в провідних країнах світу, з подальшим обґрунтуванням на його основі рекомендацій щодо їх практичного впровадження в ході організації їх експлуатації в Повітряних Силах Збройних Сил України.

За результатами досліджень встановлено позитивний вплив застосування стратегій технічного обслуговування і ремонту за станом, у тому числі за рахунок вирішення завдання мінімізації вартості експлуатації озброєння та військової техніки. Як результат, обґрунтовано та запропоновано необхідні умови для застосування стратегій їх технічного обслуговування і ремонту, що перебувають на озброєнні Збройних Сил України за технічним станом, реалізація яких, у якості альтернативи використання міжремонтних термінів служби (ресурсу) відповідних зразків дозволяє приймати рішення про продовження експлуатації до наступного контролю граничного стану або необхідності проведення операцій технічного обслуговування і ремонту відповідного виробу, які приймаються за результатами безперервного (періодичного) контролю параметрів, що визначають технічний стан.

Ключові слова: зразок озброєння та військової техніки, стратегія технічного обслуговування і ремонту, експлуатація за технічним станом, адаптивні стратегії.

Постановка проблеми. Досвід застосування Збройних Сил (ЗС) України в операції Об'єднаних сил (антитерористичній операції) на території Луганської та Донецької областей, а також досвід сучасних локальних війн та збройних конфліктів показує, що при проведенні повітряно-наземних операцій для найбільш ефективного досягнення мети операції пріоритетним засобом є застосування повітряної компоненти, яка має значну бойову могутність і здатна у стислі терміни завдавати рішучих ударів по противнику.

Існуюча система технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) техніки неповною мірою забезпечує виконання покладених на неї завдань щодо підтримання зразків у належному стані. Це пояснюється тим, що прийнята у ЗС України планово-попереджувальна стратегія ТО і Р озброєння та військової техніки (ОВТ) розрахована переважно на підтримання у працездатному стані зразків, які перебувають в експлуатації не більше термінів, визначених заводами-виробниками та керівними документами, а саме 18–20 років.

Саме тому, у сучасних умовах, найважливішим і найактуальнішим завданням щодо підтримання у працездатному стані ОВТ, які експлуатуються понад 20 років, є пошук шляхів підвищення ефективності їх експлуатації. Одним із перспективних шляхів підвищення ефективності експлуатації ОВТ, що перебувають у гранично допустимому експлуатаційному стані в умовах ресурсних обмежень, є впровадження стратегій ТО і Р за станом.

Вирішення завдання мінімізації вартості експлуатації складних технічних систем військового призначення в країнах-членах НАТО покладено на інтегровану логістичну підтримку (ІЛП) життєвого циклу виробів. Така підтримка є складовою CALS-технології

(Continuous Acquisition and Life cycle Support) [1, 2]. Основним завданням ІЛП є забезпечення високого рівня готовності виробів при одночасному зниженні витрат, які пов'язані з їх експлуатацією та обслуговуванням [3].

Використання вказаних процедур для ОВТ Повітряних Сил (ПС) ЗС України під час впровадження стратегій ТО і Р за станом потребує вирішення ряду завдань, які пов'язані з розробленням нормативної бази та науково-методичного забезпечення й повинні базуватися на використанні передового досвіду країн-членів НАТО.

Виходячи з цього, дослідження питань, які пов'язані з вивченням досвіду країн-членів НАТО щодо впровадження стратегій ТО і Р ОВТ ПС ЗС України за станом в ході організації експлуатації в умовах сьогодення, є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати досліджень шляхів впровадження стратегій ТО і Р ОВТ за станом, які запропоновані (реалізовані) в Україні та збройних силах провідних країн світу, відображені в роботах [4-9].

У роботі [4] розглянуто питання введення і правильного трактування термінів “стратегія експлуатації”, “метод технічної експлуатації”, “стратегія технічного обслуговування і ремонту”, їх взаємозв'язки, наведені визначення цих понять, а також розглянуті умови вибору методів експлуатації складових частин і комплектуючих виробів зразків зенітного ракетного озброєння. Водночас авторами [4] визначені проблемні питання, які стримують процес переходу на сучасні методи експлуатації зенітного ракетного озброєння, а саме: відсутність нормативної, науково-методичної і економічної бази, засобів контролю граничного (технічного) стану, діагностичних засобів.

Крім того, в [4] зазначено, що зниження експлуатаційних і ремонтних витрат при переведенні і експлуатації за технічним станом повинно забезпечуватися: заміною трудомістких і високовартісних регламентованих заводських (середніх і капітальних) ремонтів комплексів (наприклад зразків зенітного ракетного озброєння) – контролем граничного стану, відновними роботами, військовим ремонтом за результатами контролів граничного стану, ремонтами за технічним станом; зниженням трудомісткості ТО і Р за рахунок впровадження методів технічної експлуатації за станом, формуванням раціональних режимів ТО і Р, бригадних та інших централізованих форм їх виконання; скороченням кількості запасних частин у зв'язку з відміною призначених термінів служби і ресурсів (і відповідних планових замін і ремонтів).

У роботі [5] проаналізовані стратегії ТО і Р, які використовуються в Військово-Повітряних Силах США, за результатами чого визначено, що стратегія ТО і Р за наробітком застосовується для 6...10% виробів, стратегія з контролем параметрів – для 15...31%, з контролем рівня надійності – для 63...75%, оскільки вона найбільш відповідає вимогам експлуатації в умовах бойового застосування.

Авторами [6] наведений приклад програми ТО і Р – документ, який має назву MSG-3 (Maintenance steering group) і є розвитком попередніх програм MSG-1, MSG-2, положення якого є дійсними як для літальних апаратів цивільної авіації, так і для військових літальних апаратів ЗС США. На підставі цього документу у ЗС США розроблені відповідні керівництва для підрозділів та частин, що здійснюють ТО і Р авіаційної техніки (АТ). Даний документ пропонує формування комплексу робіт з ТО і Р на підставі результатів логіко-структурного аналізу можливостей виникнення відмов виробів АТ та прогнозування імовірних наслідків відмов.

У роботі [7] розглянуті підходи до організації технічного обслуговування з контролем рівня надійності АТ ВМС США відповідно до вимог військових стандартів MIL-STD-882 та відповідним керівництвом [8]. У цих документах на підставі результатів детального аналізу ймовірних наслідків відмов встановлені норми для показників надійності всіх типів виробів АТ, що знаходяться на озброєнні ВМС США та у залежності від ступеня тяжкості наслідків відмов з певного числового ряду значень було обране припустиме значення ймовірності відмови виробу за одну годину польоту ЛА.

У роботі [9] проведено аналіз витрат і переваг, отриманих від польового комплексу середовища загального матеріально-технічного забезпечення (CLOE – Common Logistic Operating Environment) стосовно Stryker Brigade (SBCT). Надана загальна оцінка запропонованих інвестицій в CLOE з використанням моделі системи з можливістю завдання багатьох атрибутів. Це капітальні витрати і переваги, що досягнуті з установкою CLOE компонентів, які підтримують коректування матеріально-технічного забезпечення й за рахунок цього досягають підвищення бойової готовності та ефективності й результативності операцій з підтримки й надання командирам точної інформації про стан своїх сил. Технічні ризики невеликі й витрати на реалізацію знижуються, оскільки можливості можуть бути забезпечені за рахунок інтеграції й модифікації існуючих продуктів або вставки комерційного апаратного й програмного забезпечення. Вона містить у собі не тільки додатки системи до сімейства бронетехніки Stryker, але й до тактичних колісних транспортних засобів, які перебувають в SBCT. Відзначається, що реалізація CLOE-систем забезпечення є вигідним, за попередніми оцінками економія може становити 75 млн. доларів США, якщо буде реалізована у всіх семи SBCT при розрахунковому періоді окупності приблизно до п'яти років.

Крім того, у світовій практиці для організації технічного обслуговування і ремонту зразків ОБТ впроваджується концепція Performance Based Logistic (PBL – “Логістика, орієнтована на результат”), основною метою якої є економічно виправдане придбання послуг щодо підтримання інтегрованого пакета нормованих показників, націлене на оптимізацію технічної готовності та підтримання заданих тактико-технічних характеристик виробів. Основними особливостями PBL є: базування на довгострокових сервісних угодах з чітким поділом сторонами повноважень та відповідальності; вирішення задач в тісній співпраці з промисловістю (державно-приватне партнерство); предмет сервісного контракту – нормовані показники кінцевого результату (performance objectives), важливі для кінцевого споживача (бойового підрозділу), з обов'язковою фіксацією ключових моментів взаємодії замовника і промисловості в ході виконання технічної підтримки зразків ОБТ в PBL-контракті [9].

Проведений аналіз робіт щодо використання стратегій ТО і Р ОБТ за станом в збройних силах провідних країн світу свідчить, що на даний час розглянуті підходи знайшли свою реалізацію в нормативних документах цивільної та військової авіації, розробці заходів матеріально-технічного (логістичного) забезпечення військових частин збройних сил провідних країн світу. На жаль, в Україні дослідження використання стратегій ТО і Р ОБТ за станом носять більш декларативний характер та частково реалізовані в документах, що регламентують організацію експлуатації і ремонту ОБТ ПС ЗС України (авіаційної техніки, зразків зенітного ракетного озброєння та радіолокаційної техніки) за якими не здійснюється авторський нагляд. Саме тому виникає нагальна потреба у дослідженні питань впровадження адаптивних стратегій ТО і Р існуючих засобів ОБТ ПС ЗС України, що перебувають в експлуатації тривалий час, та за якими не здійснюється авторський нагляд, з метою підвищення їх технічної готовності та експлуатаційної надійності.

Мета статті – аналіз сучасного стану використання стратегій технічного обслуговування і ремонту виробів військового призначення за станом у провідних країнах світу та опрацювання на його основі рекомендацій щодо їх практичного впровадження в ході організації експлуатації ОБТ Повітряних Сил ЗС України в сучасних умовах.

Виклад основного матеріалу. В останні роки в провідних країнах світу [10-12] збільшується впровадження ТО і Р за технічним станом, розробленого для авіації, під назвою Condition Based Maintenance (CBM), у технічне обслуговування наземних засобів. У зв'язку з цим ТО і Р змінюється від простого додержання графіку до реальних потреб ОБТ. На теперішній час CBM залишається новим підходом для старого парку ОБТ й частіше застосовується для нових зразків озброєння [10].

Крім того, в частині ОБТ сухопутних військ існує своя стратегія, за якою в основі обслуговування покладено надійність, відповідна стратегія отримала назву Reliability Centered Maintenance (RCM). Ця стратегія має на меті визначити найбільш економічно

обґрунтоване ТО і Р ОВТ, яке водночас забезпечить достатню надійність. Ця мета досягається шляхом використання розуміння природи відмов і їх розвитку, що дозволяє обслуговувати систему більш економічним способом. Міністерство оборони США ставить за мету зниження ризиків відмови при заданій готовності, скороченні вартості та обсягу ТО і Р [11], при цьому ТО розподіляється на коригувальне (відстрочене та негайне) й попереджувальне (планове та за станом).

СВМ передбачає аналіз великої кількості параметрів як у самій системі, що обслуговується, так і аналізу зразків матеріалів, таких як паливо, масло і т.і. Дані збираються, досліджуються тенденції їх змін для передбачення відмови устаткування. Можливість передбачення відмови дозволяє провести попереджувальне технічне обслуговування з метою збереження надійності ОВТ на визначеному рівні.

Крім того, в ЗС США використовують стратегії СВМ і СВМ+ [11,12], стратегія СВМ+ відрізняється від СВМ проведенням аналізу надійності, що приводить до організації більш ефективного обслуговування, високого ступеню готовності й зниженню витрат, пов'язаних з логістичним забезпеченням.

СВМ+ ґрунтується на СВМ і зосереджена на використанні сучасних систем обслуговування, технологій і методів, з метою поліпшення ремонтпридатності й доступності в нових і вже існуючих ОВТ. Це включає перегляд організаційних процесів обслуговування для поліпшення системності роботи органів управління логістичним забезпеченням.

Сумісність із СВМ+ вимагає наявності: розширених методів прогнозування й діагностики; мобільних систем контролю, аналізу несправностей, визначення тенденцій змін параметрів; технологій автоматичної ідентифікації та апаратної адаптації.

Поєднання RCM та СВМ+ полягає у використанні технологій і методів, які застосовуються для ухвалення рішення щодо проведення ТО. Застосування методів обох стратегій дозволяє більш точно й ефективно планувати завдання ТО. Зокрема, одержання своєчасних і точних оціночних даних, зроблених СВМ+, повинно поліпшити аналітичне визначення RCM стратегії запобігання відмов. З іншого боку, контроль працездатності без аналізу RCM стає технологічним впровадженням без виправданої функціональності, тому що просте нагромадження інформації без розуміння причин відмов може зробити недоцільним будь-який план ТО і Р.

Вважаючи, що спектр можливостей вбудованих СВМ розвиватиметься від досить обмежених систем до мережових систем з розширеними можливостями, за поглядами іноземних фахівців відзначаються наступні переваги СВМ+:

наявність інформації про працездатність ОВТ в реальному масштабі часу. Адекватна оцінка працездатності ОВТ з можливістю одержання цієї інформації керівним складом дає можливість підвищення якості проведення операції (ведення бойових дій) шляхом виключення простою техніки, що відмовила;

підвищення технічної готовності. СВМ може підвищити технічну готовність ОВТ за рахунок усунення непотрібних оглядів або технічного обслуговування, а також підвищити продуктивність системи [13]. Технології діагностування й прогнозування частково вирішують проблеми постачання за рахунок замовлення запасних частин, інструменту та приладдя (ЗІП) під час перебування зразків ОВТ у працездатному стані;

підтримка прийняття рішень. У динамічно мінливих обставинах, час і інформація є важливими елементами, необхідними командирам для прийняття ключових рішень. Через те, що СВМ може дати корисні прогнози щодо працездатності ОВТ, командувач (командир) має можливість ухвалювати більш обґрунтовані рішення щодо використання зразків ОВТ для виконання завдань. А ще важливо, здатність до прогнозу може забезпечити індикацію перспективи виникнення несправності ще під час підготовки до виконання завдання. Це сприяє більш ефективному плануванню тому, що це може дозволити фахівцям логістичного забезпечення замінити потенційно (або очікуваний) дефектний компонент (виріб) перед виконанням завдання. Це сприяє підтриманню технічної готовності конкретного ОВТ під час

виконання завдання, а також підтриманню надійності виробів за рахунок виключення операційного збою;

зменшення помилок технічного обслуговування. Частина роботи з виявлення відмов (збоїв) може автоматично виконуватися системою СВМ, що зменшує трудові витрати й допомагає зменшити помилки діагностування. За час ремонту ОВТ буде виконуватися менше профілактичних заходів щодо технічного обслуговування, таких як перевірки, регулювання й заміна складальних одиниць, тому що система СВМ локалізує несправності [13];

випереджувальні ланцюжки поставок. Одержуючи упереджувальні повідомлення від системи СВМ, служби логістичного забезпечення можуть замовити ЗІП й мати їх в місцях проведення технічного обслуговування до моменту прибуття транспортного засобу на технічне обслуговування [13]. Тут прогностична здатність СВМ може сприяти підвищенню ефективності й оперативності логістичного забезпечення за рахунок поліпшення видимості очікуваного попиту по всьому ланцюжку поставок [14];

скорочення ланцюжків поставок. Система СВМ також забезпечує зниження залежності від високовитратних видів транспорту для задоволення потреб, а також скорочення кількості запасних частин у комплекті ЗІП. Одним з потенційно важливих впливів на хід операцій (бойових дій) є здатність забезпечити завчасне попередження про можливу відмову апаратури ОВТ за рахунок прогнозу. Прогноз також може дозволити зменшити запаси на всіх рівнях ешелонування за рахунок більш раннього попередження про настання несправності складальних одиниць. Складальні одиниці можна замовити й одержати до набуття необхідності ремонту, що потенційно може привести до значної економії інвестицій у створення запасів ЗІП;

оцінка ресурсу наявного парку. Передбачення ресурсу окремого транспортного засобу дозволяє оцінити ресурс парку в цілому. Досвід США показує, що зробити такий аналіз важко, але можливо [15]. Досвід проведення останніх операцій ЗС США показав, що ресурс окремих ОВТ в умовах пустелі скорочується приблизно до 9 разів, причому мірою розвитку деградація має тенденцію до прискорення [16]. Крім того, бортові системи дозволяють детально продемонструвати, яким чином деградація відбувається по всьому парку ОВТ.

За аналізом [17,18] окремі важливі функції компонентів СВМ наведені на рис. 1, а саме:

- зчитування й збір даних;
- передача даних і зв'язок;
- зберігання даних і архівування;
- обробка й аналіз даних;
- підтримка прийняття рішень з ТО і Р.

На рисунку 1 наведено, що в першу чергу виконується зчитування й збір даних, що являє собою процес збору даних (інформації) від цільових об'єктів – фізичних осіб або датчиків для цілей СВМ. Дані, зібрані в СВМ, можна розділити на два основні типи: дані про події та дані моніторингу стану.

Дані про події містять у собі інформацію про те, що відбувалося (наприклад, інформація про установку, відмову, ремонт, про причини подій) або те, що було зроблено для конкретного фізичного елемента (наприклад, перевірка, поточний ремонт, заміна масла і т.і.). Даними контролю стану є характеристики, пов'язані із працездатністю фізичного елемента [17,18].

Зберігання більших обсягів даних і наявність відповідних методів аналізу даних для добування потрібної інформації містить проблематику, яку необхідно вирішувати.

Підготовка даних є першим кроком обробки даних, яка гарантує, що всі дані, особливо дані про події (які, якщо вводилися вручну, можуть мати багато помилок) перевіряються так, щоб забезпечити безпомилкові дані для подальшого аналізу й моделювання. Перегляд з метою очищення даних від помилок є нетривіальним завданням і

може зажадати ручного втручання. Графічні інструменти, а також алгоритми, які здійснюють обробку (підготовку) даних, також можуть бути використані для пошуку й усунення помилок даних [17,18].

Рис.1. Функціональна схема СВМ

Моделі, алгоритми та інструменти, що використовуються для аналізу даних, залежать головним чином від типів зібраних даних, які можуть бути різних типів, видів сигналу та ін.

Крім того, авторами [11] стверджується, що для аналізу даних про події пропонується використовувати різні ймовірнісні моделі. В СВМ, однак, використовують також дані моніторингу параметрів стану, які корисно сполучаються з даними про події. Цей комбінований аналіз даних може бути досягнутий шляхом побудови математичної моделі, яка правильно описує базовий механізм несправності або відмови.

Моделі, засновані на подіях і даних моніторингу стану, є основою для прийняття рішень по ТО. Моделі, які можуть аналізувати як дані подій, так і моніторингу стану, містять у собі моделі пропорційних ризиків. У СВМ відоме поняття, як Р- F інтервал, під яким розуміється інтервал часу між потенційною відмовою (Р), яку ідентифікують за допомогою індикатору стану й реальною відмовою (F), який використовується для опису шаблонів відмов при моніторингу стану який використовується для опису шаблонів відмов при моніторингу стану та показаний на рисунку 2, є корисним інструментом для визначення інтервалу перевірок для періодичного моніторингу стану [19].

Останнім кроком програми СВМ є забезпечення прийняття рішень. Достатня й ефективна підтримка рішень буде мати вирішальне значення для дій обслуговуючого персоналу при виконанні заходів з ТО і Р. Стратегія дає єдиний підхід, який використовується для створення надійної програми ТО і Р, для складу парку ОБТ, на основі базових характеристик відмов систем [17,18,19]. Проте, з метою прийняття економічно обґрунтованих рішень з ТО і Р, використовують модель пропорційної небезпеки РНМ (РНМ – Proportional Hazard Model), яка забезпечує вирішення питання про мінімізацію загальної вартості ТО [20]. Рішення з ТО і Р значною мірою залежать від фактичних виявлених аномалій несправностей, що зароджуються, і прогнозування тенденції відмов ОБТ [21].

Визначення складу високоякісного ТО, що забезпечує менший (або малий) час простою й вартість такого обслуговування, дуже важливі для прийняття ефективних рішень з ТО і Р й це лише деякі з проблем СВМ.

Рис.2. Визначення інтервалу P-F

Авторами [21] було розглянуто ряд витрат, необхідних для впровадження системи CBM. Отримані результати [21] свідчать, що існуючий строк окупності орієнтовно складає 10 років. Цей аналіз був заснований на припущенні, що CBM дозволить запобігти 15 відсотків катастрофічних збоїв, які були використані як основа для порівнянних скорочень складових ЗІП і витрат на ТО і Р. Крім того, в моделі передбачається, що буде підвищення експлуатаційної готовності за рахунок зниження у середньому на 50 відсотків часу затримки виконання заходів логістичного забезпечення (MLDT – Mean Logistic Delay Time), який, як вважається, значною мірою визначається часом очікування поставок ЗІП. Це приводить до збільшення на 4,2 відсотка експлуатаційної готовності ВВТ. Результати аналізу показують значний вплив на життєвий цикл конкретного зразка ОБТ з реалізацією CBM. Так, економія за 10, 15 і 20 років експлуатації доходить до 32 млн., 223 млн. і 263 млн. доларів США відповідно, на парк в 680 виробів ОБТ (на прикладі транспортного засобу AAHV).

Досягнення в області технологій [11] (вбудовані засоби діагностування, розподілених архітектур і т.і.) і більш низькі витрати на устаткування (датчики, обчислювачі і т.і.), як вважається, повинні давати при встановленій системі CBM експлуатаційні витрати в межах від 1 до 2 відсотків від типових для ЗС витрат на транспортний засіб. Цей метод оцінює вартість переваг системи CBM із початку установки вихідного стану й шляхом оцінки вартості поломки або планово-запобіжного обслуговування. Якщо попереджувальне обслуговування передбачено, то розраховувалася оцінка того, скількох попереджувальних обслуговувань можна уникнути. Вартість таких скасованих заходів щодо ТО вважали за вигоду CBM. Нематеріальні вигоди потім оцінюються шляхом присвоєння вагових коефіцієнтів наслідків відмови, що виникла й оцінки прогнозованої вартості CBM, тобто вартість контрольно-вимірювальних приладів, обчислювальної техніки і т.і. Витрати життєвого циклу й переваги були об'єднані в підсумкову інформацію [22,23].

За результатами проведеного аналізу схематично зобразимо необхідні умови для застосування стратегії ТО і Р систем ОБТ ПС ЗС України за технічним станом та їх переваги (Рис.3).

Рис.3. Схематичне зображення умов для застосування стратегії технічного обслуговування і ремонту систем ОВТ ПС ЗС України за станом

Впровадження таких умов дозволить відмінити міжремонтні терміни служби (ресурси) ОВТ та приймати рішення про подовження експлуатації до наступного контролю граничного стану або необхідності проведення операцій ТО і Р виробу, які приймаються за результатами безперервного (періодичного) контролю параметрів, що визначають технічний стан. Але необхідно зауважити, що стратегія ТО і Р за технічним станом передбачає періодичне проведення контролю граничного стану (КГС) кожного засобу ОВТ, за результатами якого приймається рішення про подальшу експлуатацію відповідного зразка ОВТ за технічним станом або проведення ремонту, або припинення експлуатації. Одним з критерієм переходу у граничний стан доцільно розглядати досягнення контрольованим показником безвідмовності відповідного ОВТ, наприклад, середнім наробітком на відмову, гранично припустимого значення.

Висновки: Таким чином, проведений аналіз сучасного досвіду використання стратегії ТО і Р ОВТ за технічним станом у провідних країнах світу свідчить, що на даний час проводяться дослідження, результати яких висвітлюють технічні проблеми й зосереджені на розробці технологій, системних архітектур і алгоритмів обробки сигналів та спрямовані на розширення можливостей діагностики для прогнозування відмов, але водночас питання ефективності прогнозування відмов для наземних транспортних засобів потребують додаткового дослідження. У збройних силах провідних країн світу поширюється застосування стратегії СВМ, що підтверджує доцільність застосування ТО і Р ОВТ за технічним станом.

В ході дослідження встановлено позитивний вплив застосування стратегії ТО і Р ОБТ за технічним станом на загальну ефективність через зниження питомої вартості; підвищення часу використання за призначенням; зменшення контрольних перевірок за рахунок кращої інформованості про стан працездатності ОБТ; зниження витрат на ремонт, за рахунок запобігання непередбачених виходів ОБТ з ладу; зменшення кількості випадків по усуненню відмов на місцях виконання завдань ОБТ; зменшення витрат, пов'язаних з наявністю аварій і заміни ОБТ; зниження часу знаходження в обслуговуванні; здатність виявляти й втручатися на ранніх стадіях до виникнення необхідності капітального ремонту двигуна; знижене споживання ЗІП за рахунок збільшення строків використання; зниження вартості управлінських дій за рахунок прогнозування заявок на поставку ЗІП.

Наявний технічний стан існуючого парку ОБТ ПС ЗС України, який тривалий час перебуває в експлуатації, одним з шляхів забезпечення призначеного рівня технічної готовності відповідних зразків ОБТ можливо вважати впровадження стратегії ТО і Р за станом.

В той же час необхідно підкреслити, що переведення на експлуатацію за технічним станом не може бути виконано в адміністративному порядку, тому що потребує проведення ряду заходів з достатньо великими капіталовкладеннями. З метою досягнення євроатлантичних стандартів та критеріїв, необхідних для набуття членства в НАТО, запропоновані необхідні умови щодо практичного впровадження технічного обслуговування і ремонту за станом в ході організації експлуатації ОБТ Повітряних Сил ЗС України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологи интегрированной логистической поддержки изделий машиностроения / Е.В. Судов, А.И. Левин, А.В. Петров, Е.В. Чубарова. – М.: 000 Издательский дом "Информбюро", 2006. – 232 с.
2. Информационная поддержка жизненного цикла изделий машиностроения: принципы, системы и технологии CALS/ИПИ / А.Н. Ковшов, Ю.Ф. Назаров, И.М. Ибрагимов, А.Д. Никифоров. – М.: Издательский дом "Академия", 2007. – 304 с.
3. Integrated Logistic Support. Requirements for MOD Projects: Defence Standard 00-600. 28 November 2016. – (стандарт міністерства оборони Великобританії).
4. Гриб Д.А. Удосконалення методів технічної експлуатації і ремонту як основа підтримання боєготового стану зенітного ракетного озброєння в сучасних умовах / Д.А. Гриб, Б.М. Ланецький, В.В. Лук'янчук // Наука і оборона. – 2012. – №3. – С. 55–63.
5. Smith A. M. RCM: gateway to world class maintenance / Anthony M. Smith., Glenn R. Hinchcliffe. – Elsevier Inc., Burlington, USA, 2004. – 340 p.
6. Airline / Manufacturer maintenance program planning document. MSG – 3, ATA, 2003.
7. Соловйов В.І. Аналіз можливих шляхів вирішення задачі нормування надійності обладнання військових літальних апаратів для реалізації стратегії технічного обслуговування за станом / В.І. Соловйов, А.Г. Павленко, С.А. Копашинський // Труди університету. – К.: НУОУ, 2010. – № 1(91). – С. 139–143.
8. Guidelines for the Naval Aviation Reliability Centered Maintenance Process: NAVAIR 00-25-403. – US Department of Defense Publications. Philadelphia, Pennsylvania, 2005. – 195 p.
9. Common Logistics Operating Environment. Benefits and Costs of Applying CLOE Enablers to a Stryker Brigade Combat Team (2008).
10. Söderbäck, C. Östman An Evaluation of Condition Based Maintenance for a Military Vehicle Master of Science Thesis in the Master Degree Programmes Automotive Engineering and Product Development, Department of Signals and Systems, Division of Automatic Control, Automation and Mechatronics, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Göteborg, Sweden, 2010 Report No. EX022/2010.

11. S. Rajesh, B. Francis Study of Condition Based Maintenance for Land Force Vehicles. Land Operations Division. Defence Science and Technology Organisation – Режим доступу: <http://dspace.dsto.defence.gov.au/dspace/bitstream/1947/10179/3/DSTO-GD-0664%20PR.pdf>.
12. Memorandum for secretaries of the military departments. Subject: Condition Based Maintainece Plus. Deputy under Secretary of Defence for Logistics and Materiel Readiness, 3500 defence Pentagon, Washington, DC 20301-3500, NOV 25 2002.
13. Banks J. C., Crow E., Reichard K. & Ruark, R. (2002) Cost-benefits analysis of the effect of condition-based maintenance strategies for military ground vehicles, IEEEAC.
14. Hingst R. & Gunter, G. (2010) Autonomic and sense and respond logistics, Australian Army Journal.
15. Military Equipment Useful Life Study - Phase II, Office of the Under Secretary of Defense (Acquisition, Technology and Logistics), Property and Equipment Policy Office and Office of the Under Secretary of Defense (Comptroller), Accounting and Finance Policy Office (2008).
16. Solis W.M. (2006) Preliminary observations on equipment reset challenges and issues for the army and marine corps, Government Accountability Office. GAO-06-604T.
17. Jardine A.K.S., Lin D. & Banjevic D. (2006) A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition – based maintenance, Mechanical Systems and Signal Processing 20. – PP. 1483–1510.
18. Jackson C. (2007) Condition based maintenance (cbm)workshop, TACOM Life Cycle Management Command, [Powerpoint slides].
19. Wiseman M., Lin D., Gurvitz N. & Dundics M. (2005) The elusive p-f interval. Optimal Maintenance Decisions (OMDEC) Inc.
20. Bechtel J. (2007) Tardec condition based maintenance. RDECOM. [Powerpoint slides].
21. Yam R.C.M., Tse P., Li L. & Tu P. (2001) Intelligent predictive decision support system for condition-based maintenance. International Journal of Advanced Manufa-turing Technology 17. – PP. 383–391.
22. Абрамов Д.В. Визначення доцільності проведення позапланового технічного обслуговування автомобілів за критерієм витрат на паливо в експлуатації / Д.В. Абрамов, В.О. Тесля // Вісник національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2012. – Вип. № 25. – С. 286–290.
23. Vachtsevanos G., Lewis F. & Roemer M. (2006) Intelligent Fault Diagnosis and Prognosis for Engineering Systems. John Wiley and Son. – ISBN: 978-0-471-72999-0.

Опенько Павло Вікторович

кандидат технічних наук, начальник науково-дослідного відділу інституту авіації та протиповітряної оборони Національного університету оборони України ім. Івана Черняховського, м. Київ, Україна

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

e-mail: pavel.openko@ukr.net

Поліщук Василь Володимирович

кандидат військових наук, викладач кафедри логістики Повітряних Сил інституту авіації та протиповітряної оборони Національного університету оборони України імені Івана Черняховського, м. Київ, Україна

<https://orcid.org/0000-0001-8990-9648>

e-mail: iappo.ndl@gmail.com

Pavlo Open'ko

Candidate of Technical Sciences, the Head of the Scientific-research Department of the Aviation and Air Defence Institute of the National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskyi, Kyiv, Ukraine

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

e-mail: pavel.openko@ukr.net

Vasyl Polishchuk

Candidate of Military Sciences, Instructor of Logistic Department of the Aviation and Air Defence Institute of the National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskyi, Kyiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-8990-9648>

e-mail: iappo.ndl@gmail.com

Миронюк Микола Юрійович

кандидат військових наук, старший науковий співробітник науково-дослідного відділу інституту авіації та протиповітряної оборони Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського, м. Київ, Україна
<http://orcid.org/0000-0002-7164-2700>
e-mail: iappo.ndl@gmail.com

Козир Антон Григорович

кандидат технічних наук, начальник науково-дослідного відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-1888-2553>
e-mail: kozyrwork@ukr.net
+38093-766-41-00

Mykola Myroniuk

Candidate of Military Sciences, Senior Research Associate of the Scientific-research Department of the Aviation and Air Defence Institute of the National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine
<http://orcid.org/0000-0002-7164-2700>
e-mail: iappo.ndl@gmail.com

Anton Kozyr

Candidate of Technical Sciences, Chief of Section of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-1888-2553>
e-mail: kozyrwork@ukr.net
+38093-766-41-00

**EXPERIENCE IN THE APPLICATION OF ADAPTIVE STRATEGIES
FOR MAINTENANCE AND REPAIR OF MILITARY PRODUCTS IN NATO MEMBER COUNTRIES
P Openko, V Polishchuk, M Myroniuk and A Kozyr**

Maintenance of armaments and military equipment, implementation of a set of measures to maintain armaments and military equipment in working order are related to the need to solve the problem of ensuring the specified indicators of their efficiency, especially samples with long service life.

Given the current state of the domestic armaments and military equipment park, it is important to study the experience of NATO member states in implementing adaptive maintenance and repair strategies, including maintenance and repair strategies. The aim of the article is to analyze the current state of use of adaptive strategies for maintenance and repair of weapons and military equipment in the world's leading countries with further substantiation based on its recommendations for their practical implementation during the organization of their operation in the Air Force of Ukraine.

According to the results of research, a positive impact of the application of maintenance and repair strategy, including by solving the problem of minimizing the cost of operation of weapons and military equipment. As a result, substantiated and proposed the necessary conditions for the application of the strategy of their maintenance and repair, which are in service with the Armed Forces of Ukraine in technical condition, the implementation of which as an alternative to the use of service life (resource) of relevant samples control of the limit condition or the need for maintenance and repair of the product, which are accepted as a result of continuous (periodic) control of the parameters that determine the technical condition.

Keywords: *sample of armaments and military equipment, maintenance and repair strategy, operation according to technical condition.*