

АНАЛІЗ СТРАТЕГІЙ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ЗАСОБІВ ЗВ'ЯЗКУ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ

У статті наведено перелік основних видів (стратегій) технічного обслуговування, їх переваги та недоліки з урахуванням новітніх досягнень у галузі діагностування технічного стану засобів зв'язку та автоматизації управління військами (обґрунтування нових діагностичних параметрів та методів). Запропоновано можливість „повернення” до стохастичної моделі технічного обслуговування та ремонту, обґрунтовано реальні передумови такого переходу.

Кузавков В.В., Редзюк Є.В. Обоснование выбора стратегии технического обслуживания и ремонта средств автоматизации в современных условиях. В статье приведен перечень основных видов (стратегий) технического обслуживания, их преимущества и недостатки с учетом новейших достижений в области диагностирования технического состояния средств связи и автоматизации управления войсками (обоснование новых диагностических параметров и методов). Предоставляется „возвращение” к стохастической модели технического обслуживания и ремонта, обоснованно реальные предпосылки такого перехода.

V. Kuzavkov, Y. Redziuk Justification strategy choice of maintenance and repairing of automation means in modern conditions. The article gives a list of main types (strategies) of maintenance, their advantages and disadvantages were taking into account the latest achievements in the field of diagnosing the technical state of communications and command control automation (justification of new diagnostic parameters and methods). The possibility of „return” to the stochastic model of maintenance and repairing is offered, the real prerequisites of such a transition were substantiated.

Ключові слова: діагностика, стратегія технічного обслуговування та ремонту, вдосконалений індукційний метод, засоби зв'язку та автоматизації управління військами.

Постановка задачі у загальному вигляді. Незважаючи на обмежене фінансування і забезпечення Збройні сили України мають виконувати поставлені на них завдання належним чином. Питання шляхів відновлення технічних засобів, що перебувають в експлуатації та методів упередження виходу з ладу (або порушення нормального функціонування) таких засобів стоїть досить гостро не лише в Україні, а й в економічно розвиненій країнах світу (США, Китай). Основним шляхом забезпечення працездатного стану засобів зв'язку та автоматизації управління військами є виконання вимог і правил прийнятої стратегії технічного обслуговування і ремонту (ТОіР). Історично склалося декілька стратегій ТОіР, кожна з яких має відповідно свої переваги та недоліки. На даний час в ЗСУ застосовується система технічного обслуговування на основі планово-попереджувальних робіт (ППР), хоча існують передумови для переходу до більш прогресивних стратегій ТОіР.

Серед зразків озброєння існує такий клас технічних систем як автоматизовані системи управління військами (єдина інтеграційна платформа ЗСУ „Дельта”, АСУ „Дніпро”, „Віраж”, „Ореанда” та інші), які мають у своєму складі значну кількість засобів автоматизації. Тому логічним постає питання обґрунтування та вибору шляхів відновлення таких систем, методів упередження виходу з ладу відповідних засобів.

Аналіз сучасних публікацій та нормативних документів. Як зазначено в [1] під системою технічного обслуговування та ремонту мається на увазі сукупність взаємопов'язаних засобів, документації і виконавців, необхідних для підтримки і відновлення якості виробів, що входять в цю систему

Основними принципами цієї системи є запобігання і плановість. Принцип запобігання полягає в тому, що після відпрацьовування кожним агрегатом установленної кількості годин незалежно від фізичного стану та ступеня зносу він підлягає технічному обслуговуванню і ремонтним роботам (у разі потреби). Принцип плановості передбачає проведення зазначених технічних впливів у призначені терміни за спеціальним графіком із заданими обсягами робіт.

У якості *цілей* системи ТОіР визначені наступні:

- підтримка засобів зв'язку та автоматизації управління військами (АУВ) в працездатному стані протягом всього терміну експлуатації;
- забезпечення надійної роботи та продуктивності засобів зв'язку та АУВ.

Організація системи ТОіР здійснюється на основі вирішення (явно або у відповідності зі сформованою практикою) наступних фундаментальних завдань:

- вибір стратегії ТОіР;
- визначення способу організації ремонтного обслуговування;
- розробка критеріїв оцінки ефективності ремонтного обслуговування.

Як відомо [1], *стратегія ТОіР* – узагальнююча модель дій, необхідних для досягнення поставлених цілей шляхом координації та розподілу відповідних ресурсів. По суті, стратегія ТОіР є набором правил для прийняття рішень, якими ремонтна служба (РС) підрозділу (частини) керується в своїй діяльності щодо забезпечення працездатності обладнання.

Коротка характеристика основних стратегій ТОіР приведена в таблиці 1 [3].

Таблиця 1

Коротка характеристика основних стратегій ТОіР

Модель інформаційного забезпечення	Характер заходів, що проводяться	
	Реактивні	Превентивні
Стохастичні моделі (на основі імовірнісних, статистичних показників)	<i>I стратегія – експлуатація до відмови:</i> передбачає максимальне використання ресурсу обладнання; + мінімальні витрати на утримання РС; - відмови і витрати по ліквідації несправностей досягають значних обсягів і часто непередбачувані.	<i>II стратегія – планово-попереджувальні ремонти:</i> передбачає фіксовану ймовірність аварійних відмов; + найкращі умови для планування ТОіР; - значні витрати на ТОіР через заміну працездатних вузлів і деталей.
Детермінована модель (на основі відомостей про фактичний технічний стан обладнання)	<i>III стратегія – по технічному стану:</i> Передбачає наявність методів визначення фактичного технічного стану + близьке до повного використання ресурсу обладнання; - низька ефективність при довгостроковому плануванні ресурсів; + мінімальна ймовірність відмов; - високі вимоги до кваліфікації персоналу.	<i>IV стратегія – проактивна:</i> передбачає активний випереджаючий вплив на ТС обладнання; + збільшення терміну служби обладнання; + ірраціональний вибір часу, видів і обсягів ТОіР;

Під *реактивними* маються на увазі стратегії ТОіР, необхідність ремонтних впливів у яких обумовлюється настанням деякого критичного в рамках цієї стратегії події (відмови, досягнення граничних величин регламентованих параметрів).

Превентивні стратегії ТОіР спрямовані на попередження виникнення критичної події та характеризуються можливістю здійснення попереднього планування і підготовки ТОіР (замовлення ремонтних бригад, матеріально-технічного забезпечення) в протилежність реактивним стратегіям, коли необхідність проведення ТОіР, а, відповідно, і забезпечення їх підготовки, до настання критичної події непередбачувані.

Сутність *проактивної* стратегії ТОіР полягає у виконанні необхідних ремонтних впливів, спрямованих на зниження швидкості розвитку або усунення виявлених несправностей на основі відомостей про фактичний технічний стан обладнання.

Вибір проактивної стратегії ТОіР забезпечить скорочення витрат на ремонтне обслуговування виробництва, обумовлене зміною структури ТОіР на користь збільшення кількості недорогих профілактичних впливів замість витратних ремонтних операцій (заміна, відновлення) [10].

Історично першою склалася *стратегія експлуатації до відмови*, яка передбачає здійснення операцій ТОіР по досягненню критичного стану, який, як правило, характеризується неможливістю виконання заданих функцій, тобто втратою працездатності. До основних переваг даної стратегії слід віднести найбільшу тривалість міжремонтного періоду, відповідного терміну служби обладнання, і мінімальні витрати на утримання ремонтної служби, домінуючою функцією якої в цьому випадку стає відновлення працездатності обладнання після виходу його з ладу. З іншого боку, відсутність можливості

планування ресурсів (фінансових, часових, робочої сили та інших), необхідних для виконання ТОіР, призводить до значного збільшення тривалості останніх і до підвищених витрат на ліквідацію аварій, в тому числі до повних втрат функціоналу. Створення складських запасів матеріальних цінностей, як правило, не є задовільним рішенням. Обсяг таких запасів в ряді випадків перевищує економічно обґрунтовані межі. Незважаючи на зазначені недоліки, якщо мова йде про недороге типове обладнання, що підлягає резервуванню та відмова якого не має критичного впливу якості виконання відповідними посадовими особами своїх обов'язків, не представляє небезпеку для здоров'я та життя особового складу, дана стратегія успішно застосовується і на даний час.

На зміну стратегії експлуатації до відмови прийшла *стратегія планово-попереджувальних робіт або ремонтів по регламенту*, що передбачає превентивні ТОіР на підставі статистичних відомостей про термін служби обладнання. Зниження кількості аварійних відмов відноситься до основних переваг даної стратегії, хоча ймовірність їх виникнення не виключається повністю, а фіксується в заданих межах. Стратегія ППР забезпечує найкращі умови для планування ресурсів, однак основний недолік ППР – в проведенні ремонтів фактично справного обладнання, а також примусовій заміні деталей незалежно від їх залишкового ресурсу (в складному обладнанні різниця ресурсів окремих деталей може досягати 500 %). Все це призводить до невикористаного зростання експлуатаційних витрат. До недоліків ППР також потрібно віднести зниження залишкового ресурсу обладнання і збільшення ймовірності відмови при введенні в роботу після ремонту [1]. Дана стратегія забезпечила найкращу інтеграцію в рамках планової економіки і дозволила усунути ряд недоліків стратегії експлуатації до відмови, що історично склалася раніше. На сьогодні стратегія ППР продовжує використовуватися в частинах і підрозділах для обладнання, вихід якого з ладу не може призвести до порушення належного функціонування підрозділу та зриву виконання основних завдань.

Досягнення в галузі технічної діагностики радіоелектронного озброєння [4 – 7] є підставою для реалізації стратегії ТОіР *по технічному стану (ТС)*. У ремонтному обслуговуванні технічних засобів зв'язку та АУВ знайшли застосування мобільні та переносні вимірювальні комплекси (автономні автоматизовані системи діагностування), що дозволяють здійснювати спеціалізовані дослідження систем і механізмів мобільними, спеціально підготовленими групами і бригадами (майстерні по ремонту технічних засобів (МРТЗ), апаратні технічного обслуговування (АТО)) [8, 9].

Стратегія ТОіР по ТС спрямована на усунення недоліків стратегії ППР, а саме на *зниження кількості необґрунтованих ремонтних впливів з метою максимального використання ресурсу обладнання*. При застосуванні даної стратегії ймовірність аварійних відмов обладнання зводиться до можливого мінімуму. Основний принцип стратегії по ТС полягає в тому, що *обладнання повинно бути зупинено на ремонт за мить до передбачуваного виходу з ладу*. Зменшення витрат на ТОіР засобів автоматизації, мінімізація кількості непланових відмов, зниження числа планових простоїв, обумовлених монтажньо-складальними операціями – переваги, які супроводжують впровадження стратегії ТОіР по ТС. Дану стратегію застосовують передові країни світу [12].

Разом з тим, стратегія ТОіР по ТС висунула нові підвищені вимоги до рівня підготовки обслуговуючого персоналу. Виникає необхідність формування у структурах ремонтних служб підрозділу технічної діагностики та комплектацію даного підрозділу висококваліфікованими досвідченими фахівцями.

Метою даної статі є аналіз існуючих стратегій технічного обслуговування і ремонту (ТОіР), а також обґрунтування вибору стратегій ТОіР із урахуванням сучасних досягнень в галузі діагностування.

Основна частина. Теоретичні основи детермінованої моделі ТОіР постулюють, що спочатку всі види несправностей присутні в тому чи іншому вигляді у всіх засобах, що вводяться в експлуатацію. Різні чинники, які супроводжують експлуатацію (проектні та непроектні навантаження, вплив чинників навколишнього середовища та допоміжного

обладнання, умови експлуатації, проведення ТОіР, інші), в тій чи іншій мірі призводять до розвитку різних видів несправностей. Визначальний вплив сукупності факторів викликає прискорений розвиток однієї або декількох несправностей, які стають детермінованими по відношенню до працездатності машини. Вибираючи ремонтні впливи таким чином, щоб зменшити вплив визначальних факторів, можна знизити швидкість розвитку несправностей, підтримуючи працездатний стан засобу. Раціональний вибір і якісна реалізація цих та тільки цих ремонтних впливів є завданням РС [10, 11].

Детермінована модель ТОіР (рисунок 1) базується на оцінці технічного стану обладнання і може здійснюватися методами моніторингу та неруйнівного контролю. Повернення до детермінованої моделі (на основі фактичного технічного стану засобів автоматизації) можливе та необхідне, оскільки гостро стоїть питання економії коштів, у тому числі на обслуговуванні засобів зв'язку та АУВ.

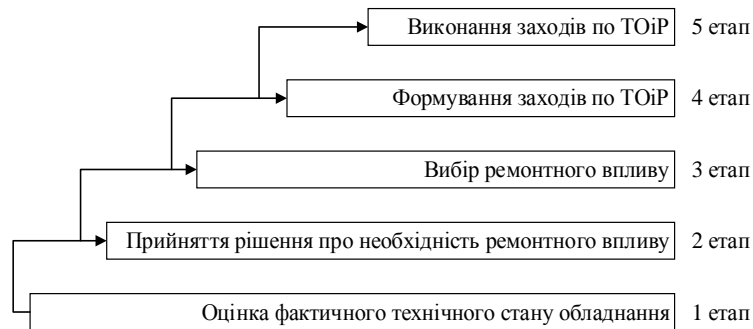


Рис. 1 Етапи ремонтного обслуговування обладнання в рамках детермінованої моделі ТОіР

З метою зниження витрат на проведення заходів, передбачених існуючою системою ТОіР (планово-попереджувальні роботи), *доцільно розглянути* можливість застосування стратегії ТОіР „експлуатація до відмови” для окремих елементів сучасних засобів зв'язку та АУВ. Передумови повернення до даної стратегії створили успіхи в галузі діагностування, а саме розвиток концепції дефектоутворення, обґрунтування діагностичного параметра та наявність наукового обґрунтування неруйнівних методів контролю [5 – 7].

Спираючись на вказані досягнення розроблено *вдосконалений індукційний метод визначення фактичного технічного стану засобів автоматизації* [9], застосування якого дозволить уникнути недоліків стохастичної моделі, а саме експлуатація до відмови, оскільки дозволить мінімізувати непередбачувані відхилення від нормального функціонування об'єкту діагностування. Також застосування методу матиме позитивний вплив на ефективність при довгостроковому плануванні ресурсів, що дозволить уникнути недоліків детермінованої моделі стратегії ТОіР на основі відомостей про фактичний технічний стан засобів автоматизації.

Як наслідок, для засобів зв'язку та АУВ можливе повернення до застосування стратегії експлуатації до відмови (у випадках, що враховують наведені вище обмеження, а саме, якщо мова йде про недороге типове обладнання, що підлягає резервуванню). Даний перехід потребує деякого вдосконалення у вигляді автоматизованої системи оброблення інформації [2], а саме автономної автоматизованої системи діагностування (ААСД), що дозволить мінімізувати час відновлення працездатності обладнання шляхом формування науково-обґрунтованого плану відновлення, із зазначенням місця несправності і технологічних карт ремонтно-налагоджувальних процедур. Наявність таких технологічних карт значно знижує вимоги до рівня підготовки обслуговуючого персоналу та відповідає дійсному стану справ з підготовкою фахівців в ЗСУ.

Вдосконалений індукційний метод побудований на основі аналізу фізико-хімічних процесів у напівпровідникових структурах радіоелектронних компонентів, що є складовими блоків засобів автоматизації. Під фізико-хімічними процесами в напівпровідникових структурах РЕК розуміються фізичні процеси зміни структури (виникнення мікрооб'єктів

електролітів) та хімічні процеси зміни концентрації носіїв в процесі експлуатації (t) під впливом зовнішніх (P) та внутрішніх (A) факторів. Показником, який відображає фізико-хімічні процеси виступає зміна концентрації основних носіїв в часі $n(D,t)(1)$, який є прямою діагностичною ознакою та не може бути вимірний безпосередньо [2].

$$n(D, t) = f(P, A, t) \quad (1)$$

Суть методу полягає у реєстрації безконтактним індукційним датчиком на корпусній шині фізичного прояву узагальненого параметра діагностування, який є реакцією на вхідну перевірку тестову послідовність і відхилення якого від еталонних значень (більш за встановлені межі) свідчить про несправність об'єкту контролю. На відміну від відомого методу [4] вимір діагностичного параметра здійснюється у єдиний точці – на корпусній шині живлення об'єкта контролю.

Фізичні передумови розробки методу (2):

$$I_{3T} \Rightarrow I_Z \Rightarrow H \Rightarrow P_B \Rightarrow U_{\text{ДДС}} \quad (2)$$

де

I_{3T} – струм зіставного транзистора;

I_Z – струм елементарного випромінювача;

H – скалярне значення магнітної складової поля;

P_B – потужність випромінювання;

$U_{\text{ДДС}}$ – напруга на датчику діагностичного сигналу (ДДС).

Аналітична залежність для $U_{\text{ДДС}}$ застосовується для отримання еталонних відгуків $U_{\text{ЕТДДС}}$ (еталонних сигналів ДДС для повністю справного об'єкта контролю), а також для встановлення припустимих меж відхилення ($U_{\text{ДДСmin}}$ та $U_{\text{ДДСmax}}$), які характеризують клас об'єкта контролю (при необхідності). Дану залежність можна отримати наступними шляхами:

а) за допомогою прискорених випробувань;

б) за допомогою набору статистики на однотипних програмно-апаратних засобах, що мають різний експлуатаційний період.

Вдосконалений індукційний метод є основою для створення та належного функціонування ААСД, що виконує збір та обробку інформації про фактичний стан засобів автоматизації без впливу на роботу об'єкта діагностування і у випадку відмови система видає не тільки місце і причину несправності, але й формується технологічна карта з усунення недоліків, що виникли. Адекватність отриманих з ААСД рішень можливо підвищувати за рахунок актуалізації інформації [2] щодо еталонних відгуків від об'єктів контролю.

Слід зауважити, що запропоновані наукові результати (а саме вдосконалений індукційний метод) є необхідною умовою для реального переходу системи військового ремонту до детермінованої моделі ТО по ТС. Тим самим буде реалізовано перехід до передових форм обслуговування з усіма перевагами, які вони представляють :

- максимальне використання ресурсу засобів зв'язку та АУВ;
- мінімальні витрати на утримання ремонтних служб;
- інформаційне супроводження процесу прийняття рішень про ТОіР, а звідси – ірраціональний вибір часу, видів і обсягів ТОіР;
- активний випереджаючий вплив на технічний стан засобів зв'язку та АУВ;
- збільшення терміну експлуатації засобів зв'язку та АУВ.

Впровадження ААСД надасть можливість знизити вимоги до обслуговуючого персоналу та зменшити їх кількість. Створення мобільних груп (з фахівцями і передовими технічними засобами діагностування) в рамках програми апаратних технічного обслуговування дозволить охопити більшу територію і зменшити час на ремонт і доставку засобів автоматизації або їх окремі комплектуєчі.

Таким чином, новітні досягнення в галузі технічної діагностики дозволяють переглянути загальні підходи до стратегій ТОiP засобів зв'язку та АУВ. Системи, що не є критичними (системи, що використовують технології подвійного призначення) можуть обслуговуватися за „старими” формами, в свою чергу при обслуговуванні сучасних автоматизованих систем управління військами необхідно використовувати сучасні „передові” стратегії. Даний перехід забезпечується застосуванням вдосконаленого індукційного методу визначення фактичного технічного стану засобів зв'язку та АУВ. Разом з тим, постає необхідність інтеграції запропонованої автономної автоматизованої системи діагностування у визначенні стратегії, оскільки наявність даної системи є обов'язковою умовою для ефективного застосування даних стратегій.

Напрямок подальших досліджень є обґрунтування умов (обмежень) використання тої чи іншої стратегії ТОiP в залежності від типу засобів зв'язку та АУВ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бобровицкий В.И., Сидоров А.В. Совершенствование системы ТОиР оборудования в условиях централизации ремонтной службы предприятия // Вибрация машин: измерение, снижение, защита. – Донецк: ДонНТУ, 2011. – №1 (24). – С. 23 – 28.
2. ДСТУ 2226-93/Автоматизовані системи. Терміни та визначення
3. Наказ НГШ ЗСУ №22 від 11.04.2003 „Керівництво з технічного забезпечення зв'язку та автоматизації управління військами Збройних Сил України”.
4. Безконтактний індукційний метод діагностування радіоелектронних блоків / В.В. Вишнівський, М.К. Жердев, Б.П. Креденцер, В.В. Кузавков, Є.В. Редзюк: збірник наукових праць Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.:ВІКНУ, 2013. – Вип. № 43. – с.17 – 33.
5. Жердев М.К., Кузавков В.В., Редзюк Є.В. (ВІТІ ДУТ). Неруйнівний контроль привирішенні спеціальних задач. Збірник наукових праць № 2. – 2013. – 45 – 50 с.
6. Жердев М.К. Напрями розвитку систем контролю технічного стану і діагностування складних технічних систем / М.К. Жердев, В.В. Вишнівський, І.В. Пампуха, О.Ю. Скуйбіда // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К., 2006. – № 3. – С.22 – 25.
7. Кузавков В.В. Діагностична модель р-п (n-p) переходу в динамічному режимі для безконтактного індукційного методу діагностування. Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2014. – Вип. № 45. – с.41 – 46.
8. Жердев М.К., Кузавков В.В., Редзюк Є.В., Єфанова К.О. Аналіз стану системи відновлення технічних засобів радіоелектронного озброєння в зоні АТО. Збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації. – К.: ВІТІ, 2017. – Вип. № 2. – с. 35 – 40.
9. Вдосконалений індукційний метод діагностування блоків обчислювальної техніки / М.К. Жердев, Є.В. Редзюк: збірник наукових праць Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.:ВІКНУ, 2015. – Вип. № 49.
10. Холоденин А.А. Сравнение стратегий технического обслуживания электрооборудования // Материалы X региональной научно-технической конференции „Вузовская наука – Северо-Кавказскому региону”. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2006.
11. Ловчиновский Э.В. Реорганизация системы технического обслуживания и ремонта предприятий. – М.: Серия „Реинжиниринг бизнеса”, 2005. – 385 с.
12. Польовий статут сухопутних військ США FM-100-5 „Ведення бойових дій”/ Washington, DC: GPO. OCLC 28706106. Retrieved 19 August 2013.