

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Аркушенко Павло Леонідович



УДК 681.7.08; 536.6.081

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ
ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЗВ'ЯЗКУ НА ОСНОВІ
УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИК ЇЇ ПРОВЕДЕННЯ**

05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національній академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного Міністерства оборони України, м. Львів.

Науковий керівник: доктор технічних наук, старший науковий співробітник **Яковлев Максим Юрійович**, заступник начальника Наукового центру Сухопутних військ з наукової роботи Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, старший науковий співробітник **Герасимов Сергій Вікторович**, провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу (бойового та технічного забезпечення багатофункціональних розвідувально-ударних систем) наукового центру Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, м. Харків;

доктор технічних наук, професор
Ванько Володимир Михайлович, професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій Інституту комп'ютерних технологій автоматизації та метрології Національного університету «Львівська політехніка», м. Львів.

Захист відбудеться “17” травня 2018 р. о 16⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради СРД 35.052.21 у Національному університеті «Львівська політехніка» (79013, м. Львів-13, вул. С.Бандери 28а, ауд. 713 п'ятого навчального корпусу).

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету «Львівська політехніка» (79013, м. Львів-13, вул. Професорська, 1).

Автореферат розісланий “12” квітня 2018 р.

*Учений секретар
спеціалізованої вченої ради СРД 35.052.21
д.т.н., доцент*



T.З. Бубела

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасні та перспективні зразки озброєння і військової техніки (ОВТ) належать до найбільш наукоємних і високотехнологічних видів промислової продукції, до яких висуваються підвищені вимоги щодо якості та ефективності застосування. Ефективне функціонування системи науково-технічного супроводження розробок (модернізації) ОВТ базується на основних видах забезпечення, до яких належить і метрологічне забезпечення (МЗ). При цьому важливими є аналіз та оцінка правильності завдання вимог до МЗ зразків ОВТ та контроль їх виконання. Контроль (вимірювання) параметрів ОВТ та вибір потрібних засобів вимірювальної техніки військового призначення (ЗВТВП) відбувається під час метрологічного обслуговування (МОБ), коли встановлюється їх технічний стан (ТС), що є основним завданням технічної діагностики. При відхиленні значень параметрів від норми вирішується наступне завдання технічної діагностики – пошук та заміна несправного елемента. При цьому, для зменшення кількості вимірювань використовують умовні алгоритми (УА) діагностування. Основний перелік робіт щодо обґрунтування вимог до МЗ формується з вибору параметрів та номенклатури ЗВТВП.

До найважливіших і найбільш актуальних завдань у розвитку ОВТ Збройних Сил (ЗС) України належать завдання, пов'язані з управлінням військами, зокрема – з розробкою нової та модернізацією існуючої військової техніки зв'язку (ВТЗ). Інструкції з технічного обслуговування (ТО) ВТЗ з повним комплектом експлуатаційної документації, як правило, виготовляє завод-виробник. Тому перелік вимірювальних параметрів (ВП) та ЗВТВП, які використовуються, відрізняються надлишковістю, що при ТО в польових умовах і особливо при веденні бойових дій призводить до збільшення трудовитрат (тобто часу та вартості). Отже, актуальним завданням є мінімізація кількості ВП при необхідній достовірності визначення реального ТС зразка ВТЗ та зниження до мінімально допустимої межі класу точності й кількості розрядів ЗВТВП за визначений керівними документами час, що дозволить мінімізувати номенклатуру та вартість останніх.

Технічний рівень сучасної ВТЗ та ЗВТВП дозволяє врахувати значну кількість факторів, які суттєво впливають на визначення ТС ВТЗ. Це стало можливим завдяки працям таких відомих учених, як Камінський В.Ю., Віткін Л.М., Ігнаткін В.У. – в області визначення контрольованих параметрів якості ЗВТВП; Ксенз С.П., Креденцер Б.П., Сакович Л.М. – в області технічної діагностики ВТЗ; Чинков В.М., Столярчук П.Г., Володарський Є.Т. – в області розвитку цифрових ЗВТВП для потреб ОВТ; Яковлев М.Ю., Фридман А.З., Новицький П.В. – в області розвитку теорії метрологічної надійності ЗВТВП.

Поряд з тим, слід відзначити недосконалість існуючих методик метрологічної експертизи (МЕ) при розробці (модернізації) ВТЗ, оскільки вони не враховують окремо час і вартість проведення її МОБ, а також завищують вимоги до значення ймовірності правильної оцінки результатів вимірювань параметрів. Тобто, на сьогоднішній день немає цілісної формалізованої методики проведення МЕ ВТЗ, яка забезпечує комплексність у прийнятті рішень.

Таким чином, зазначені обставини вимагають вирішення актуального

наукового завдання, сутність якого полягає в удосконаленні часткових методик метрологічної експертизи військової техніки зв'язку на основі методів технічної діагностики з метою підвищення оперативності та зменшення витрат на метрологічне обслуговування при встановленні її реального технічного стану.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основні теоретичні та практичні дослідження проводилися автором згідно з планом Міністерства оборони України в межах держбюджетних науково-дослідних робіт: шифр «Струга» – «Дослідження можливостей застосування безпілотного авіаційного комплексу «Spectrator» у Збройних Силах України» (2014 р., ДР № 0101U001843) – виконавець окремих розділів; шифр «Алюр» – «Дослідження з формування типового програмно-методичного забезпечення випробувань безпілотних авіаційних комплексів різного класифікаційного і функціонального призначення іноземного і вітчизняного виробництва та вимог до експериментальної бази для забезпечення їх оцінювання на відповідність оперативно-тактичним вимогам» (2015 р., ДР № 0101U001849) – виконавець окремих розділів; шифр «Інтеграл» – «Розробка інтелектуально-діагностичної системи безпілотних авіаційних комплексів» (2016 р., ДР № 0101U001998) – виконавець окремих розділів; шифр «Вимірювач 2017» – «Дослідження можливих варіантів створення перспективного віртуального реконфігуруємого вимірювача параметрів та характеристик озброєння та військової техніки Повітряних Сил» (2017 р., ДР № 0101U002288) – виконавець окремих розділів.

Мета і завдання дослідження. *Метою дисертаційної роботи є підвищення оперативності та зменшення витрат на МЕ ВТЗ.*

Відповідно до поставленої мети, завданнями дослідження є:

аналіз існуючої системи МЗ ВТЗ та методик МЕ складних технічних систем (СТС);

удосконалення методики обґрунтування послідовності та кількості мінімально необхідних параметрів для МОБ ВТЗ;

удосконалення методики вибору ЗВТВП для МОБ ВТЗ з урахуванням метрологічної надійності;

удосконалення методики вибору ЗВТВП для МОБ ВТЗ з урахуванням впливу якості алгоритмів обслуговування і ремонту ВТЗ на показники її МОБ та помилки діагностування;

удосконалення комплексної методики МЕ ВТЗ;

обґрунтування практичних рекомендацій щодо застосування комплексної методики МЕ ВТЗ.

Об'єкт дослідження – проведення метрологічної експертизи військової техніки зв'язку.

Предмет дослідження – часткові методики метрологічної експертизи військової техніки зв'язку.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої в роботі мети використані наступні методи дослідження:

теорія аналізу і синтезу СТС, методи системного та порівняльного аналізу – для аналізу сучасного стану й визначення основних тенденцій розвитку МОБ ВТЗ, а також обґрунтування напрямів, методів та постановки наукового завдання дослідження;

теорія множин – для визначення залежних параметрів та їх ранжування по збільшенню кількості елементів у ВТЗ, які впливають на їх формування;

теорія нечітких множин – для обробки результатів експертного опитування та визначення незалежних параметрів у ВТЗ;

теорія ймовірностей – для визначення критерію завершення оцінки ТС ВТЗ;

багатокритеріальні рішення, оптимальні за Парето – для прийняття компромісного рішення при наявності великої кількості варіантів дій;

теорія дискретного пошуку, теорія графів і дискретна математика – для отримання функціональних залежностей математичного сподівання відхилення встановленого значення ТС ВТЗ від їх істинного значення;

методи теорії ефективності – для оцінювання ефекту запропонованої комплексної методики МЕ ВТЗ та мінімізації витрат.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що в дисертації:

удосконалено часткову методику обґрунтування послідовності та кількості мінімально необхідних параметрів для МОБ ВТЗ, яка, на відміну від існуючих, враховує комплексний показник параметра як ймовірність його першочергового вибору під час МОБ та додатково враховує роздільну оцінку впливу часу та вартості вимірювання параметрів і дозволяє підвищити достовірність та зменшити витрати на її МЗ;

отримала подальший розвиток часткова методика вибору ЗВТВП для МОБ ВТЗ, яка, на відміну від існуючих, враховує метрологічну надійність та дозволяє знизити клас точності ЗВТВП і зменшити витрати на МОБ ВТЗ в цілому;

удосконалено часткову методику вибору ЗВТВП для МОБ ВТЗ, яка, на відміну від існуючих, враховує вплив якості алгоритмів обслуговування і ремонту ВТЗ на показники її МОБ та помилки діагностування ВТЗ, що дозволило знизити витрати на МОБ ВТЗ та підвищити його оперативність.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що використання розроблених теоретичних і практичних положень дисертаційної роботи дозволяє:

знизити час і трудовитрати процесу оцінки ТС ВТЗ;

знизити клас точності ЗВТВП, які використовуються при МОБ ВТЗ, що дозволяє обрати значно дешевші ЗВТВП;

обрати мінімальну кількість розрядів цифрових ЗВТВП, які використовуються при МОБ ВТЗ, що дозволяє знизити витрати на його проведення;

застосовувати розроблені методики як окремо, так і в комплексі, що забезпечує підвищення ефективності МЕ ВТЗ.

Практичне значення отриманих результатів підтверджується відповідними актами реалізації: у Державному науково-дослідному інституті спеціального зв'язку (акт від 20.12.2017 р.); у Метрологічному центрі військових еталонів Збройних Сил України (акт від 19.03.2018 р.); в Державному науково-випробувальному центрі Збройних Сил України (акт від 26.01.2018 р.). Отримані результати дослідження доведені до формалізованих методик і технічних реалізацій, мають високий рівень готовності до використання у промисловості.

Особистий внесок здобувача. Основні наукові результати дисертації отримані автором самостійно. У друкованих працях, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належить: в [1] – проведено аналіз існуючих методик метрологічної експертизи СТС та визначено шляхи їх удосконалення; в [2] – удосконалено методику вибору ЗВТВП для

МОБ ВТЗ з урахуванням метрологічної надійності; в [3] – удосконалено методику формування вимог до ЗВТВП для МОБ ВТЗ; в [4] – удосконалено методику вибору ЗВТВП для МОБ ВТЗ, з урахуванням впливу якості алгоритмів обслуговування і ремонту ВТЗ на показники її МОБ та помилки діагностування ВТЗ; в [5] – удосконалено методику обґрунтування послідовності і кількості мінімально необхідних параметрів для МОБ ВТЗ; в [6] – комплекс показників ефективності МОБ; в [7] – удосконалено математичну модель експлуатації ЗВТВП з урахуванням специфіки їх МОБ; в [8] – удосконалено методику обґрунтування обмінного фонду ЗВТВП.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дослідження оприлюднені на 15 науково-технічній конференції «Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах» (м. Чернігів, 2015 р.) [9]; 16 науково-технічній конференції «Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах» (м. Чернігів, 2016 р.) [10]; науково-практичній конференції «Застосування Сухопутних військ Збройних сил України у конфліктах сучасності» (м. Львів, 2016 р.) [11]; 17 науково-технічній конференції «Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах» (м. Чернігів, 2017 р.) [12]; науково-практичній конференції «Застосування Сухопутних військ Збройних сил України у конфліктах сучасності» (м. Львів, 2017 р.) [13] та на засіданнях науково-технічної ради Наукового центру Сухопутних військ Національної академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного (2013-2017 рр., м. Львів).

Публікації. Основні наукові результати дисертації опубліковано у 13 працях, зокрема: у 8 статтях у наукових фахових виданнях України [1-8], з них 5 статей, у виданнях, що індексуються міжнародними бібліометричними та наукометричними базами даних, а також додатково відображено у 5 тезах доповідей на наукових, науково-технічних і науково-практичних конференціях [9-13].

Структура та обсяг дисертації: Дисертація містить вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел і додатки. Загальний обсяг роботи 204 сторінки, у тому числі 131 сторінка – основного тексту, 45 рисунків (тих, що займають повну сторінку – 10), 15 таблиць (тих, що займають повну сторінку – 1), список використаних джерел зі 142 найменувань на 14 сторінках і 2 додатки на 22 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У першому розділі проведено структурно-функціональний аналіз існуючої системи метрологічного забезпечення ВТЗ. Показано, що МЗ ВТЗ ЗС України займає важливе місце в її системі експлуатації, тому її удосконалення є одним з найважливіших напрямів підвищення ефективності та готовності ВТЗ.

Проведено аналіз відомих методик МЕ СТС, визначено їх основні переваги та недоліки. Встановлено, що вони не враховують специфіки експлуатації сучасних СТС, особливо ВТЗ. Удосконалення методик МЕ СТС має здійснюватись у комплексі, з урахуванням їх взаємного впливу, що дозволить підвищити її ефективність.

За результатами аналізу існуючого науково-методичного апарату щодо обґрунтування технічних рішень з МЗ ВТЗ показано, що він не дозволяє встановити мінімальну кількість ВП та їх послідовність, а також те, що допустиме значення ймовірності правильної оцінки результату вимірюваних параметрів визначається орієнтовно у припущенні реалізації УА лише досконалої форми. Тому показано, що актуальним є завдання удосконалення часткових методик МЕ ВТЗ на основі методів

технічної діагностики з метою підвищення оперативності та зменшення витрат на МОБ при встановленні реального ТС ВТЗ.

У другому розділі удосконалено часткову методику обґрунтування послідовності і кількості параметрів для МОБ ВТЗ, а також проведено оцінку ефективності від її застосування на прикладі радіостанції тактичної ланки управління Р-173.

Удосконалена часткова методика призначена для обґрунтування вимог до МЗ ВТЗ та дозволяє мінімізувати трудовитрати, сили і засоби при оцінці її реального ТС із заданою ймовірністю в процесі МОБ.

Сутність методики полягає в науковому обґрунтуванні послідовності вимірювання значень параметрів ВТЗ та визначенні їх мінімально необхідної кількості для встановлення реального ТС із заданою ймовірністю

$$P = \bigcup_{i=1}^R L_i / L \geq P_{\text{дон}}, \quad 1 \leq R \leq n,$$

де R – кількість параметрів, які вимірюються із n можливих;

L_i – кількість елементів, які впливають на формування параметра i ;

L – загальна кількість елементів.

Методика обґрунтування послідовності і кількості мінімально необхідних параметрів для МОБ ВТЗ передбачає врахування таких обмежень: в процесі визначення ТС ВТЗ використовуються штатні ЗВТВП з комплекту апаратної зв'язку (АЗ) або апаратної технічного забезпечення (АТЗ); вибір параметрів ВТЗ, що перевіряються, здійснюється з їх сукупності, передбачених технічною документацією. Крім того, при використанні зазначеної методики введено такі припущення: організаційні втрати часу не враховуються; ЗВТВП, які застосовуються, заздалегідь технічно та метрологічно справні; кваліфікація спеціалістів відповідає займаній посаді; ВТЗ, яка перевіряється, має повний комплект технічної документації.

Вихідні дані отримано з технічного опису на ВТЗ, інструкції щодо її ТО та з керівного технічного матеріалу: перелік ВП ($\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$); їх допустимі значення ($\Pi_{\text{доп } 1}, \Pi_{\text{доп } 2}, \dots, \Pi_{\text{доп } n}$); перелік ЗВТВП, що використовуються для їх МОБ; структурна, функціональна і принципова схеми ВТЗ; час t_i (вартість c_i) вимірювання значень окремих параметрів; кваліфікація виконавців згідно штатного розрахунку (q_i); допустимий час $T_{\text{дон}}$ (вартість $C_{\text{дон}}$) вимірювання всіх параметрів радіостанції; ймовірність правильної оцінки стану зразка ВТЗ ($P_{\text{дон}}$). Дані про відносну важливість ВП отримано з експертного опитування фахівців.

Використання методики обґрунтування послідовності та кількості мінімально необхідних параметрів для МОБ передбачає реалізацію наступних етапів: отримання і аналіз необхідних даних про зразок ВТЗ, та вимоги до вартості ($C_{\text{дон}}$), часу ($T_{\text{дон}}$) і ймовірності правильної оцінки його ТС ($P_{\text{дон}}$) за результатами МОБ; встановлення рангу всіх параметрів ВТЗ за їх важливістю, кількістю елементів, що впливають на формування параметра, часом і вартістю його вимірювання за результатами експертного опитування; розрахунок кількісних значень вагових коефіцієнтів всіх параметрів ВТЗ, а в разі їх рівності – перехід до вибору раціонального варіанту ВП, які задовольняють вимогам, та визначення послідовності вимірювань параметрів за

збільшенням значення комплексного коефіцієнта; розрахунок ймовірності оцінки ТС зразка ВТЗ після перевірки $1 \leq R \leq n$ параметрів; при виконанні умови $P \geq P_{\text{доп}}$ робиться висновок про кількість ВП R та послідовність їх вимірювання; оцінка ефективності використання методики; виведення результатів щодо кількості і послідовності ВП, часу і витрат на МОБ ВТЗ, а також результату порівняння отриманого з існуючим порядком МОБ.

Використання методики розглянуто на прикладі аналізу параметрів радіостанції Р-173 з чотирьох сторін, а саме: відносна важливість $R\pi_i$ (визначається експертним опитуванням); кількість елементів, що формують параметр Re_i (визначається з принципової схеми на радіостанцію); час ($R\chi_i$) та вартість вимірювання ($R\epsilon_i$) (визначаються документацією (інструкцією з ТО на ВТЗ) або шляхом дослідження у результаті проведення експерименту).

Відомості про відносну важливість параметрів, що перевіряються, одержують у вигляді нечітких оцінок. Складено матрицю ранжування попарного порівняння рангів важливості параметрів ВТЗ, за допомогою якої отримано загальний ранг важливості параметрів. Проведено ранжування 5 параметрів радіостанції Р-173: Π_1 – чутливість радіоприймача; Π_2 – нестабільність частоти радіопередавача; Π_3 – потужність радіопередавача; Π_4 – енергоспоживання; Π_5 – девіація частоти радіопередавача.

Після отримання значень $R\pi_i$, Re_i , $R\chi_i$ і $R\epsilon_i$ для кожного параметра визначаються експертним опитуванням значення їх вагових коефіцієнтів $K\pi$, Ke , $K\chi$, $K\epsilon$. Математичне сподівання $M(R)_i$ (МС) і середньоквадратичне відхилення $R\pi_i$, Re_i , $R\chi_i$, $R\epsilon_i$ значень вагових коефіцієнтів σ_i відповідно дорівнюють: $M(R\pi)_1=0,4487$; $M(Re)_2=0,2680$; $M(R\chi)_3=0,1667$; $M(R\epsilon)_4=0,1164$; $\sigma_1=0,0662$; $\sigma_2=0,0344$; $\sigma_3=0,0345$; $\sigma_4=0,0409$.

Остаточно вибираємо значення важливості вагових коефіцієнтів окремих показників ВТЗ $K\pi=0,45$, $Ke=0,27$, $K\chi=0,17$, $K\epsilon=0,11$. Оскільки ці значення потрапляють в область відхилення від МС не більше, ніж на σ , то з достовірною ймовірністю $P=0,97$ можна стверджувати про правильність прийняття рішення.

Узагальнення отриманих результатів дозволяє визначити порядок перевірки параметрів (R_i) за ступенем зростання комплексного коефіцієнта W_i

$$W_i = 0,45R\pi_i + 0,27Re_i + 0,17R\chi_i + 0,11R\epsilon_i. \quad (1)$$

У разі рівності комплексних коефіцієнтів $W_i = W$ після визначення кількості ВП їх набір залежить від постановки завдання: мінімум витрат при обмеженому часі або мінімум часу при обмеженні на витрати. Тоді варіанти набору R параметрів з n можливих обчислюються за формулою для визначення кількості сполучень. Для розглянутого прикладу з радіостанцією Р-173 ($n=5$) у припущенні $W_i = W$ і $R=3$ отримаємо кількість варіантів $C_n^R = C_5^3 = 10$.

У загальному випадку задача відноситься до класу багатокритеріальних рішень, оптимальних за Парето і за наявності великої кількості варіантів можливий компромісний розв'язок.

З побудованої теоретико-множинної моделі (рис. 1), де M_i – множина елементів

блоків радіостанції, яка формує параметр впливає, що при номінальних значеннях $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_5$ параметр Π_4 можна не контролювати, оскільки він завчасно буде в допустимих межах. У випадку, якщо хоча б один параметр не в нормі, перевіряється Π_4 .

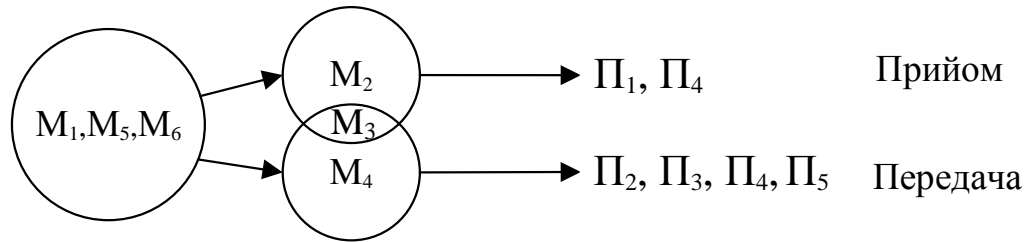


Рисунок 1 – Теоретико-множинна модель радіостанції тактичної ланки управління Р-173

Таким чином, допустимий час проведення вимірювань (T_{don}) в ідеальних умовах відповідно до інструкції з ТО радіостанції Р-173 становить $T_{don} = 90 \text{ хв}$, а час вимірювання чотирьох параметрів дорівнює $T = 80 \text{ хв}$, при цьому ефект від застосування методики полягає в тому, що знижується час і відповідні трудовитрати на оцінку ТС Р-173 на 14 %, а при врахуванні похибок вимірювання – на 11,1 %. Відповідно, зменшуються час і трудовитрати на оцінку ТС ВТЗ.

У третьому розділі удосконалено часткові методики визначення номенклатури ЗВТВП для МОБ ВТЗ з урахуванням метрологічної надійності та впливу якості алгоритмів обслуговування і ремонту.

Розглянуто підхід до вибору ЗВТВП для МОБ ВТЗ з урахуванням мінімально необхідного значення ймовірності правильної оцінки результату виконання вимірювань за УА довільної форми, на основі якого розроблено методики вибору ЗВТВП для МОБ ВТЗ з урахуванням метрологічної надійності та впливу якості алгоритмів обслуговування і ремонту ВТЗ на показники її МОБ й помилки діагностування.

Удосконалена часткова методика визначення номенклатури ЗВТВП для МОБ ВТЗ з урахуванням метрологічної надійності, призначена для визначення мінімально необхідних значень метрологічних характеристик (МХ) ЗВТВП, які використовуються при МОБ ВТЗ. Її сутність полягає в обґрунтуванні вимог до МХ ЗВТВП на основі використання отриманих функціональних залежностей, що пов'язують значення часу відновлення ВТЗ при ПР (T_e) з імовірністю безвідмовної роботи за міжповірочний інтервал ($P(t)$):

$$T_e = \frac{tK + t_y}{p^K \prod_{i=1}^N P_i(t)}, \quad (2)$$

де $P_i(t)$ – імовірність безвідмовної роботи i -го типу ЗВТВП за міжповірочний інтервал $t_{\text{ми}}$ ($0,95 \leq P(t) \leq 0,99$);

N – кількість типів ЗВТВП,

t – середній час вимірювання значення параметра ВТЗ.

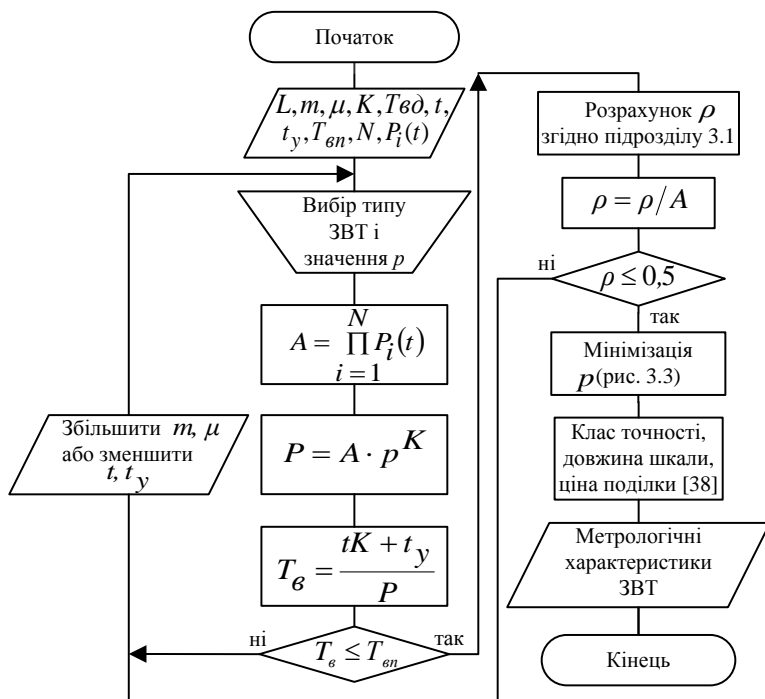
Для припустимих розрахунків з досить високою точністю (похибка не більше 0,2% при $K \leq 7$) доцільно використовувати наближені вирази

$$\rho(m \geq 2) = 0,5 \left(K + \frac{L-1}{m-1} \right) (1-p)(1-(1-p)(K-1)); \quad (3)$$

$$\rho(\mu \geq 1) = 0,5 \left(K + \frac{L-1}{\mu} \right) (1-p)(1-(1-p)(\mu K-1)). \quad (4)$$

Поставлене завдання виконується за умови дотримання вимог до допустимого часу відновлення (T_{en}) та з врахуванням того, що вимірювання параметрів проводяться за УА будь-якої форми та виду. При цьому послідовність і порядок вимірювання параметрів залежать від результатів, отриманих раніше. Вихідні дані отримано з технічної документації на ВТЗ та шляхом експериментальних досліджень.

Завдання визначення мінімально необхідного значення МХ ЗВТВП для оцінки



ТС ВТЗ вирішується алгоритмічно, оскільки не видається можливим отримати в явному вигляді функціональні залежності значень ρ і Km від сукупності вихідних даних.

Використання методики передбачає реалізацію наступних етапів: ввід вихідних даних; розрахунок ρ за умови $\rho \leq 0,5$; розрахунок ρ за умови $T_6 \leq T_{en}$; розрахунок ρ , P , T ; вивід результатів ρ , ρ , P , T .

Блок-схема алгоритму формування мінімально припустимих вимог до ЗВТВП наведена на рис. 2.

Рисунок 2 – Блок-схема алгоритму формування мінімально припустимих вимог до ЗВТВП

Отримані залежності показників ремонтпридатності ВТЗ від метрологічної надійності ЗВТВП при вихідних даних: $L = 64$, $K = 6$, $t = 2$ хв, $t_y = 3$ хв, $p = 0,99$ графічно представлені на рис. 3 та рис. 4.

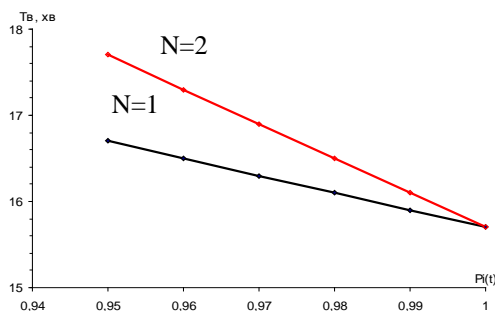


Рисунок 3 – Залежності середнього часу відновлення від метрологічної надійності ЗВТВП

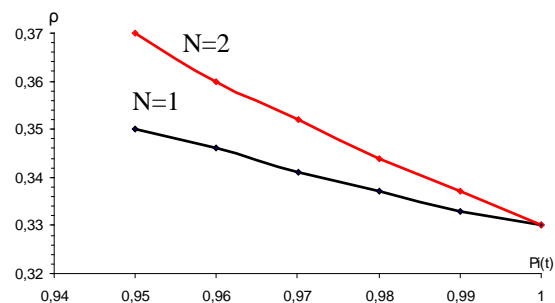


Рисунок 4 – Залежності математичного сподівання відхилення діагнозу при помилці фахівця в оцінці результату перевірки від метрологічної надійності ЗВТВП

Розглянута часткова методика визначення номенклатури ЗВТВП для МОБ ВТЗ з урахуванням метрологічної надійності є основою вибору ЗВТВП для МОБ ВТЗ екіпажами апаратних зв'язку та АТЗ. Її доцільно використовувати для прийняття науково-обґрунтованих рішень при завданні МХ ЗВТВП для МОБ на етапах проектування та розробки існуючих і перспективних зразків ВТЗ.

Удосконалено часткову методику визначення номенклатури ЗВТВП для МОБ ВТЗ з урахуванням впливу якості алгоритмів обслуговування і ремонту. Існуючі методики формування складу МХ не враховують впливу якості алгоритмів обслуговування і ремонту ВТЗ на її МОБ, хоча в ряді проаналізованих робіт показаний тісний взаємозв'язок МХ ЗВТВП і середнього часу відновлення T_v працездатності ВТЗ. Запропонована часткова методика призначена для мінімізації витрат при формуванні номенклатури ЗВТВП, які забезпечать необхідну якість МОБ за допустимий час. Її сутність полягає в обґрунтуванні вибору складу ЗВТВП та значень їх метрологічних характеристик на основі використання отриманих отриманих функціональних залежностей, що враховують різні види групового пошуку дефектів (ГПД) за УА.

Часткова методика визначення номенклатури ЗВТВП для МОБ ВТЗ з урахуванням впливу якості алгоритмів обслуговування і їх ремонту передбачає використання таких обмежень: вибір номенклатури ЗВТВП з числа прийнятих на озброєння; кількість розрядів цифрових ЗВТВП від 3 до 9. Також, при використанні часткової методики визначення номенклатури ЗВТВП для МОБ ВТЗ з урахуванням впливу якості алгоритмів обслуговування і їх ремонту введено такі допущення: перевірка ТС та відновлення працездатності ВТЗ за УА будь-якого виду та форми.

Цільова функція завдання приймає вид

$$p(X) = \min_{X \in A} p(X^*) \text{ при } T_v \leq T_{v\partial}, \quad (5)$$

де X – сукупність параметрів, що впливають на значення p ;

X^* – значення параметрів, при яких p мінімальна;

T_v – реальний час визначення технічного стану об'єкта.

Завдання вирішується при обмеженнях на кількість фахівців $1 \leq \mu \leq R_\phi$, де R_ϕ – кількість членів екіпажу АЗ або АТЗ;

$\rho \leq 0,5$ – математичне очікування відхилення діагнозу при одній помилці фахівця в оцінці результату виконання перевірки при ПР агрегатним методом;

$0,6 \leq p_{\min} \leq 0,9997$ – можливі значення для використовуваних в військових ремонтних органах ЗВТВП.

Часткова методика враховує всі види ГПД, що знаходять застосування у практиці ТО і ПР АЗ: незалежний (НГПД) – при ТО АЗ та ПР різних типів ВТЗ в універсальних АТЗ; загальний (ЗГПД) – при ПР ВТЗ великої розмірності з просторово рознесеними елементами; зонний (ЗнГПД) – при ремонті однотипних ВТЗ модульної конструкції в спеціалізованих АТЗ.

Незалежний ГПД використовують, наприклад, при ТО радіостанцій середньої потужності (Р-140, Р-161 та інших), коли фахівці незалежно один від одного перевіряють параметри радіоприймача, збудника, електроживлення та інших підсистем апаратної зв'язку. У цих випадках кожен фахівець працює на певній ділянці зі своїми ЗВТВП, перевіряючи параметри за бінарним або однорідним УА. Тоді при рівномірному завантаженні фахівців можна вважати, що фахівець перевіряє підмножину з L/μ елементів, де L – загальна кількість елементів в об'єкті, і роботи по ТО або ПР завершуються одночасно. При цьому

$$T_{\epsilon} = \frac{Kt + t_y}{p^K} \leq T_{\epsilon\delta}, \tag{6}$$

$$\rho = 0,5 \left(\frac{L}{\mu} + K - 1 \right) \cdot (1-p)p^{K-1} \leq 0,5; \tag{7}$$

$$K = \log_m \frac{L}{\mu}. \tag{8}$$

З першої нерівності випливає, що

$$\left(\frac{Kt + t_y}{T_{\epsilon\delta}} \right)^{\frac{1}{K}} \leq p < 1. \tag{9}$$

З урахуванням виконання обмежень на умови реалізації ПР агрегатним методом на рис. 5 приведена блок-схема алгоритму пошуку мінімально необхідного значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки.

У разі реалізації ЗнГПД при ПР АЗ кожен фахівець також аналізує стан L/μ елементів, які поділяються на n блоків або типових елементів заміни. Спочатку перевіряється працездатність блоку і в разі його несправності здійснюється перехід до перевірки наступного. При відхиленні параметрів від норми виконується пошук дефекту в підмножині з $L/\mu n$ елементів з реалізацією $K = \log_m \left(\frac{L}{\mu n} \right)$ перевірок, що менше ніж за НГПД (рис. 6).

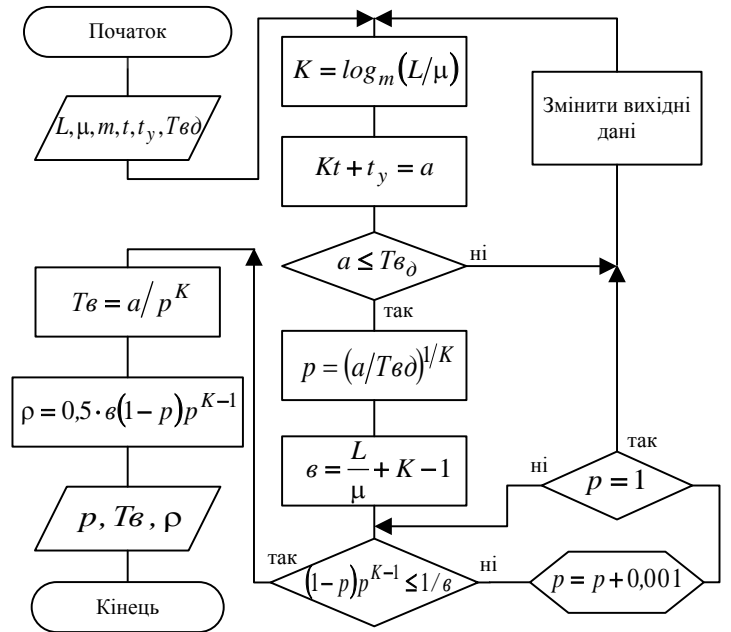


Рисунок 5 – Блок-схема алгоритму визначення мінімально необхідного значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки при незалежному груповому пошуку дефектів

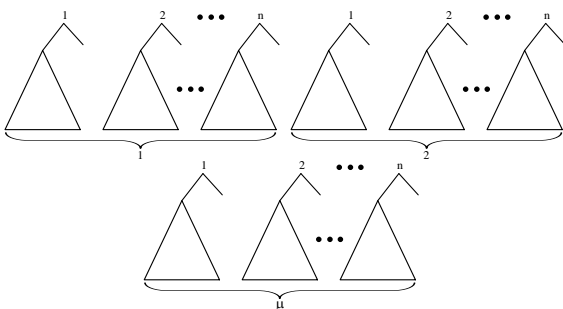


Рисунок 6 – Зонний потік дефектів при поточному ремонті

В цьому випадку при наявності одного дефекту загальна кількість перевірок усіма фахівцями становить

$$K = n\mu + K; K = 1 + \log_m \left(\frac{L}{\mu n} \right), \tag{10}$$

де K – кількість перевірок в несправному блоці.

Загальний час оцінки технічного стану об'єкта в порівнянні з НГПД зменшується до значення

$$T_{\epsilon} = \frac{(n\mu + K)t + t_y}{p^K} \leq T_{\epsilon\delta} \tag{11}$$

Друга умова реалізації ПР агрегатним методом набирає вигляду

$$\rho = 0,5 \left(\frac{L}{n\mu} + K - 1 \right) \cdot (1-p)p^{K-1} \leq 0,5; \quad (12)$$

звідки слідує умова існування розв'язку

$$\left(\frac{L}{n\mu} + K - 1 \right) \leq \frac{1}{(1-p)p^{K-1}}. \quad (13)$$

Блок-схема алгоритму знаходження мінімально необхідного значення p при ЗнГПД приведена на рис. 7.

У роботі досліджено ЗГПД і отримані наступні функціональні залежності

$$T_{\vartheta} = \frac{Kt + t_y}{p^{\mu K}} \leq T_{\vartheta d}; \quad (14)$$

$$K = \log_{\mu+1} L; P = p^{\mu K} \quad (15)$$

$$\rho = 0,5 \left(K + \frac{L-1}{\mu} \right) \cdot (1-p)p^{\mu K-1} \leq 0,5. \quad (16)$$

За другою нерівністю розв'язок існує, якщо

$$\left(\frac{Kt + t_y}{T_{\vartheta}} \right)^{\frac{1}{\mu K}} \leq p < 1. \quad (17)$$

Блок-схема алгоритму знаходження p_{\min} для цього випадку наведена на рис. 8.

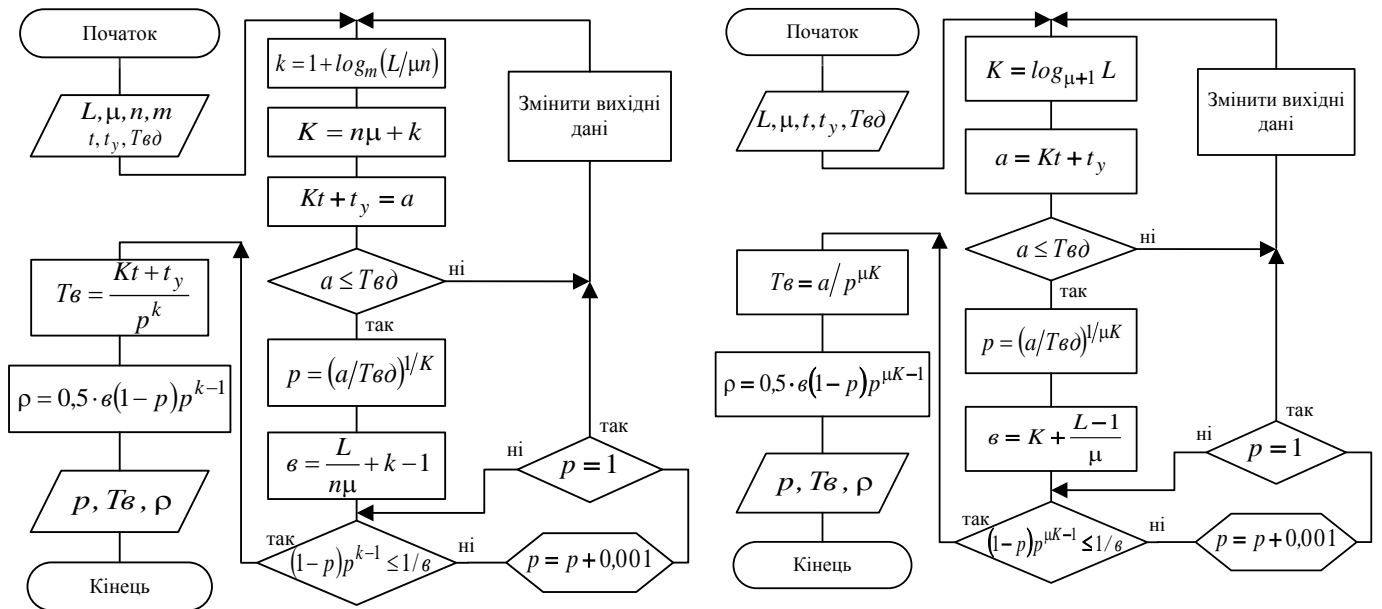


Рисунок 7 – Блок-схема алгоритму знаходження мінімально необхідного значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки при зонному груповому пошуку дефектів

Рисунок 8 – Блок-схема алгоритму знаходження мінімально необхідного значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки при спільному груповому пошуку дефекту

Запропонована часткова методика визначення номенклатури ЗВТВП для МОБ ВТЗ з урахуванням впливу якості алгоритмів обслуговування і їх ремонту на відміну

від відомих дозволяє визначати значення основної похибки для різних видів ГПД в ВТЗ. Її наукова новизна полягає у використанні нових функціональних залежностей середнього часу оцінки технічного стану ВТЗ $T_{\text{в}}$ і кількісної оцінки діагностичних помилок ρ в залежності від ймовірності правильної оцінки результату виконання вимірювань p .

У четвертому розділі запропоновано використання розроблених часткових методик комплексно у вигляді комплексної методики МЕ ВТЗ. Приведені результати експериментального дослідження запропонованих методик, техніко-економічна оцінка та оцінка їх достовірності. Обґрунтовані рекомендації щодо практичного використання результатів дослідження та розроблено блок-схему алгоритму їх реалізації. У загальному випадку можливе використання кожної окремо взятої часткової методики, але максимальний ефект може бути досягнутий лише при їх спільному (комплексному) застосуванні. При цьому результати розрахунків, отримані по одних методиках, частково використовуються в інших методиках. Структурна схема взаємозв'язку запропонованих методик МЕ ВТЗ наведена на рис. 9.

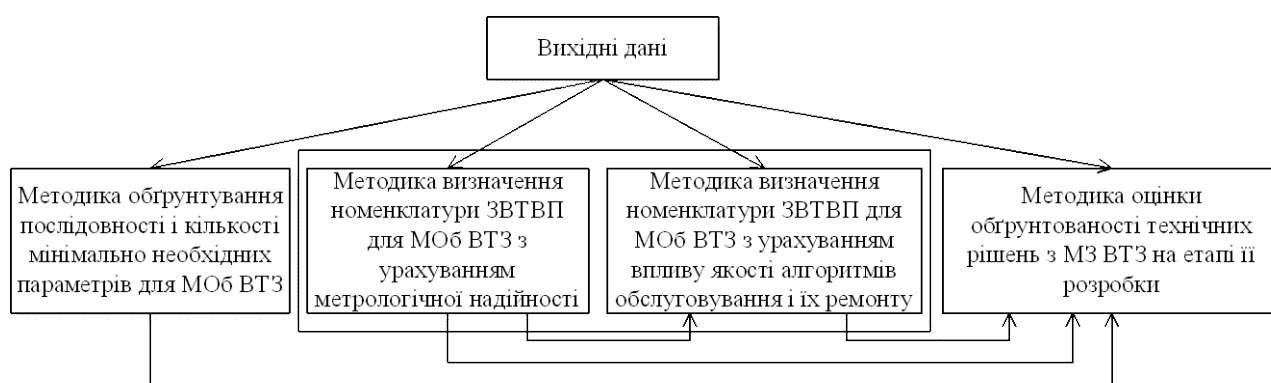


Рисунок 9 – Структурна схема взаємозв'язку запропонованих методик метрологічної експертизи військової техніки зв'язку

Експериментальне дослідження проведено на прикладі сучасної короткохвильової радіостанції Р-1150, яка є одним з останніх зразків ВТЗ вітчизняного виробництва, прийнята на озброєння ЗС України в 2013 році. Реалізацію зазначених напрямів, комплексно використовуючи методики обґрунтування вимог до МЗ ВТЗ, розділено на декілька етапів.

Вихідні дані отримуються із технічного опису на зразок ВТЗ (короткохвильової радіостанції Р-1150), інструкції щодо її ТО, а також із експертного опитування фахівців.

На другому етапі для визначення послідовності ВП під час проведення МОБ ВТЗ проведено експертне опитування для визначення рангу кожного параметру радіостанції Р-1150 за співвідношенням (1).

Під час третього етапу з функціональної схеми радіостанції Р-1150 розроблено її теоретико-множинну модель і встановлено, що три з восьми параметрів, при номінальних значеннях перших п'яти параметрів, можна не контролювати, оскільки вони завчасно будуть у допустимих межах.

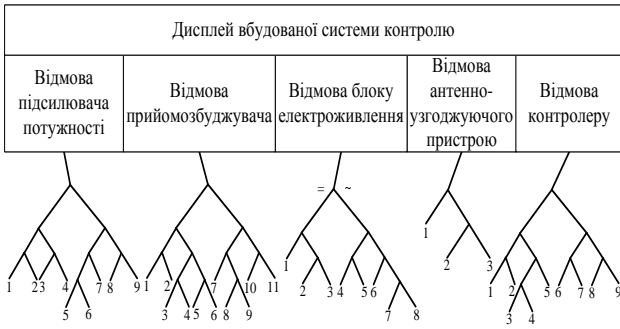


Рисунок 10 – УА пошуку несправностей до ТЕЗ радіостанції Р-1150

$F = 3; L = 11; K_{\min} = 3; K = 3,54; K_{\max} = 4; l_3 = 5; l_4 = 6$. Необхідний час оцінки його стану $T_{в\delta} = 30 хв$. У цьому випадку при $\mu = 1$ за виразом (6) маємо: $\rho(m = 2) = 0,5(1 - p)(6,25p^2 + 7,12p^3)p$. Для аналогових ЗВТВП $p = 0,845$, при цьому $\rho = 0,57$, тобто в даному випадку використання тестера Ц4353 недоцільне під час ремонту агрегатним методом.

В подальшому розглянуто найбільш складний випадок, коли система вбудованого автоматичного контролю не працює. В такому разі пошук несправного ТЕЗ виконують за УА (рис. 11), який має наступні показники: $F = 3; L = 41; K_{\min} = 3; K = 5,9 \approx 6; K_{\max} = 8; l_3 = 1; l_4 = 5; l_5 = 10; l_6 = 8; l_7 = 15; l_8 = 2$.

У цьому випадку за УА довільної форми при $\mu = 1$ маємо:

$$\rho(m = 2) = 0,5(1 - p)(1,25p^2 + 5,9p^3 + 11,25p^4 + 8,6p^5 + 15,7p^6 + 2,05p^7)p$$

Для цифрових ЗВТВП встановлено $p = 0,9993$, при цьому $\rho = 0,015$, для аналогових $p = 0,845$, при цьому $\rho = 1,32$.

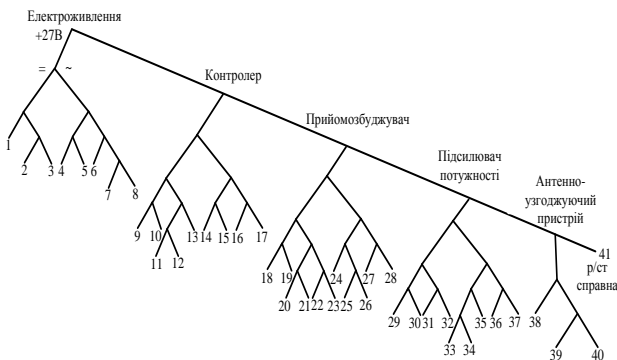


Рисунок 11 – УА визначення ТС радіостанції Р-1150 при відмові вбудованої системи контролю

визначення ТС ВТЗ. Так як для цифрових ЗВТВП $p = 0,9993$, за формулами $r_1 = \sqrt{59991 - 60000p}$, $r_2 = \sqrt{39989 - 40000p}$ розраховано верхню r_1 та нижню r_2 межі існування розв'язку: $r_1 = 5,47; r_2 = 3,87$, тобто достатньо $r = 4$.

На шостому етапі проведено вибір номенклатури (типу) ЗВТВП для МОБ

На четвертому етапі для визначення мінімально необхідних значень МХ ЗВТВП, які використовуються при МОБ ВТЗ, з функціональної схеми радіостанції Р-1150 розроблено алгоритм пошуку несправностей до типового елементу заміни (ТЕЗ) за УА діагностування рис. 10.

Спочатку розглянуто варіант зі справною системою вбудованого контролю. У гіршому випадку при відмові прийомозбуджувача УА має показники:

Проведені розрахунки показали, що використання аналогового мілівольметра ВЗ-56, який зараз застосовується, взагалі неможливе, оскільки існує велика ймовірність встановлення помилкового ТС.

Перевірка умови $T_v \leq T_{в\delta}$ при $t = 3 хв$ і $t_y = 5 хв$ показує:

$T_v = 23,1 хв < T_{в\delta} = 30 хв$. На етапі 5 визначаємо, яку мінімально допустиму кількість розрядів повинен мати ЗВТВП для забезпечення необхідної точності

P-1150: замінено два аналогових ЗВТВП, які зараз реально застосовуються, на один цифровий універсальний вольтметр В7-22А, що забезпечить потрібну якість ВП. Крім того, проведена заміна інших ЗВТВП зі збереженням точності вимірювання на більш дешевші ЗВТВП.

На останньому етапі показано ефект від застосування комплексної методики МЕ ВТЗ окремо за її частковими методиками.

1. Оцінка ефекту від визначення мінімально необхідної кількості ВП під час проведення МОБ ВТЗ показала, що на 31 % знижується час і трудовитрати на оцінку ТС радіостанції P-1150. При врахуванні похибок вимірювання на 24,4 % знижується час і трудовитрати на оцінку ТС радіостанції P-1150.

Так, використання методики обґрунтування послідовності і кількості мінімально необхідних параметрів для МОБ ВТЗ зменшує витрати під час проведення МОБ в бригаді зв'язку на 2156 гривень щорічно.

2. Оцінку ефекту від обґрунтування вимог до МХ аналогових та формування вимог до цифрових ЗВТВП для МОБ ВТЗ показано разом. Вона полягає в зниженні витрат на ЗВТВП при задоволенні вимог до часу оцінки ТС ($T_v \leq T_{v_0}$) і реалізуємі ремонту агрегатним методом ($\rho \leq 0,5$). Використання вольтметру В7-22А забезпечить потрібну якість вимірювання та знизить витрати на 4181 гривню. При заміні вимірювача нелінійних спотворень С6-11 на С6-14 витрати знижуються ще на 4988 гривень. Тобто, загальні витрати на ЗВТВП зменшуються на 9169 гривень без зниження якості МОБ ВТЗ.

За результатами проведеної техніко-економічної оцінки встановлено, що загальна економія від зниження витрат на ЗВТВП і трудовитрат на проведення вимірювань параметрів короткохвильової радіостанції P-1150 під час ТО-2 становить близько тринадцяти тисяч гривень в рік. Техніко-економічна оцінка проведена для одного типу ВТЗ.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведене теоретичне узагальнення та нове вирішення актуального наукового завдання, сутність якого полягає в удосконаленні часткових методик МЕ ВТЗ на основі методів технічної діагностики з метою підвищення оперативності та зменшення витрат на МОБ при встановленні реального ТС ВТЗ.

Головні наукові й практичні результати роботи:

1. У дисертації проведений аналіз відомих методик проведення МЕ СТС, який показує, що на сьогоднішній день немає цілісних формалізованих методик її проведення, основні завдання якої виконуються на всіх етапах життєвого циклу та полягають в оцінці обґрунтованості вибору параметрів, які контролюються, та оцінці обґрунтованості вибору ЗВТВП, що не забезпечує комплексності в прийнятті рішень. Враховуючи це, виникає завдання щодо розробки методик проведення МЕ ВТЗ.

2. Результати аналізу можливостей відомого науково-методичного апарату щодо мінімізації параметрів та встановлення технічних і економічних обґрунтувань норм точності для вибору номенклатури ЗВТВП показали, що він не враховує специфіки експлуатації ВТЗ або використовуються наближені аналітичні вирази для оцінки впливу послідовності виконання вимірювань при визначенні її ТС в процесі МОБ, що призводить до збільшення часу МОБ та витрат на обрані ЗВТВП.

У зв'язку з цим, наведений у роботі напрям вирішення наукового завдання обумовив необхідність використання додаткового математичного апарату.

3. Удосконалено часткову методику обґрунтування послідовності та кількості мінімально необхідних параметрів для МОБ ВТЗ, яка, на відміну від існуючих, враховує комплексний показник параметра як ймовірність його першочергового вибору під час МОБ та додатково враховує роздільну оцінку впливу часу та вартості вимірювання параметрів. Новизна удосконаленої часткової методики полягає в комплексній оцінці кожного параметра ВТЗ, вимірюваного під час їх МОБ, застосуванні нового алгоритму реалізації на основі використання апробованого математичного апарату теорій множин та нечітких множин, що знижує загальні трудовитрати на оцінку ТС ВТЗ.

Удосконалена часткова методика дозволила оптимізувати порядок вимірювання параметрів, встановити мінімально необхідну їх кількість при МОБ ВТЗ та скоротити час оцінки ТС ВТЗ.

4. Отримала подальший розвиток часткова методики вибору ЗВТВП для МОБ ВТЗ, яка, на відміну від існуючих, враховує метрологічну надійність. Новизна удосконаленої часткової методики полягає в отриманні нових функціональних залежностей та дозволяє визначати мінімально припустимі значення метрологічних характеристик ЗВТВП з урахуванням метрологічної надійності, що дозволило знизити клас точності ЗВТВП та зменшити витрати на МОБ ВТЗ в цілому.

5. Удосконалено часткову методику вибору ЗВТВП для МОБ ВТЗ, яка, на відміну від існуючих, враховує вплив якості алгоритмів обслуговування і ремонту ВТЗ на показники її МОБ та помилки діагностування ВТЗ, що дозволило знизити витрати на МОБ ВТЗ та підвищити його оперативність. Новизна розробленої методики полягає у використанні нових функціональних залежностей, які пов'язують середній час оцінки технічного стану ВТЗ і кількісну оцінку діагностичних помилок від ймовірності правильної оцінки результату виконання вимірювань та, нового алгоритму реалізації методики.

У результаті проведення техніко-економічної оцінки встановлено, що використання розроблених у дисертаційній роботі наукових результатів дозволяє скоротити час оцінки ТС ВТЗ на 31,0%, зменшити витрати на ЗВТВП на 7%. Загальна економія на вимірювання параметрів (на прикладі радіостанції Р-1150) під час ТО-2 в бригаді зв'язку становить близько 13 тисяч гривень на рік.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що використання розроблених теоретичних і практичних положень дисертаційної роботи дозволяє: знизити час і трудовитрати процесу оцінки ТС ВТЗ; знизити клас точності аналогових та кількість розрядів цифрових ЗВТВП, які використовуються при МОБ ВТЗ; застосовувати розроблені методики як окремо, так і в комплексі, що забезпечує підвищення ефективності МЗ ВТЗ.

Практичне використання запропонованої комплексної методики дозволяє на всіх етапах створення ВТЗ підвищити рівень обґрунтованості рішень, які приймаються при модернізації сучасної і розробці перспективної ВТЗ.

Достовірність отриманих результатів підтверджується аналітично з використанням апробованого математичного апарату, апробацією отриманих результатів на практиці, де було виявлено узгодженість теоретичних положень з практичними результатами.

Отримані в дисертаційній роботі наукові результати доцільно використовувати при розробці документації на ТО нових та модернізуємих зразків ВТЗ на підприємствах промисловості, а також при обґрунтуванні вимог до МЗ ВТЗ Метрологічним центром військових еталонів ЗС України.

Перспективним напрямом подальших досліджень може бути розробка методики для кількісної оцінки невизначеності вимірювання з урахуванням особливостей МОБ ВТЗ в польових умовах.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Аркушенко П. Л. Аналіз методик метрологічної експертизи складних технічних систем / О. В. Ходич, М. Ю. Яковлев, Є. В. Рижов, П. Л. Аркушенко // Український метрологічний журнал. Науково-технічне видання. – Харків: ННЦ «Інститут метрології», 2015. – № 2. – С. 12-16.

2. Аркушенко П. Л. Вимоги до метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку в апаратних технічного забезпечення / Л. М. Сакович, Є. В. Рижов, П. Л. Аркушенко, О. В. Ходич // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Харків: ХНУПС, 2017. – № 1(26). – С. 150-152.

3. Аркушенко П.Л. Формирование требований к средствам измерений диагностических параметров аппаратной связи при техническом обслуживании и текущем ремонте/ Л. М. Сакович, П. Л. Аркушенко, О. В. Ходич // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – Харків: ХНУПС, 2017. – № 1(50). – С. 108-111.

4. Яковлев М.Ю. Удосконалення метрологічної експертизи військової техніки зв'язку / М. Ю. Яковлев, Л. М. Сакович, Є. В. Рижов, П. Л. Аркушенко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Харків: ХНУПС, 2017. – № 3 (28). – С. 92-99.

5. Яковлев М.Ю. Удосконалення методу завдання вимог до мінімально

припустимого значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки під час діагностування / М. Ю. Яковлев, Є. В. Рижов, Л. М. Сакович, П. Л. Аркушенко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – Харків: ХНУПС, 2017. – № 4 (29). – С. 136-142.

6. Аркушенко П. Л. Економічні аспекти оцінки ефективності метрологічного забезпечення / П. Л. Аркушенко, В. А. Дружинін, В. В. Хіміч, О. Т. Гордієвський // Збірник наукових праць: Державна прикордонна служба України. Національна академія Державної прикордонної служби України імені Б. Хмельницького. Серія: Військові та технічні науки. – Хмельницький : Видавництво НАДПСУ, 2012. – № 57. – С. 146-148.

7. Аркушенко П. Л. Математична модель експлуатації засобів вимірювальної техніки військового призначення / П. Л. Аркушенко, О. П. Флорін, О. О. Воронін // Метрологія та вимірювальні прилади. Науково-виробничий журнал. – Харків: ВКФ «Фавор ЛТД», 2016. – № 6(62). – С. 62-66.

8. Аркушенко П. Л. Методика обґрунтування обмінного фонду засобів вимірювальної техніки військового призначення / П. Л. Аркушенко, О. П. Флорін, К. В. Власов // Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – Харків: НАНГУ, 2016. – № 1. – С. 38-44.

9. Аркушенко П. Л. Аналіз методик метрологічної експертизи складних технічних систем / П. Л. Аркушенко. // Збірник тез доповідей 15 науково-технічної конференції «Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах», 17–18 вересня 2015 р. – Чернігів: ДНВЦ ЗСУ, 2015. – С. 35-36.

10. Рижов Є.В. Комплексна методика метрологічної експертизи документації складних технічних систем / Є. В. Рижов, М. Ю. Яковлев, П. Л. Аркушенко, О. В. Ходич // Збірник тез доповідей 16 науково-технічної конференції «Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах», 8-9 вересня 2016 р. – Чернігів: ДНВЦ ЗСУ, 2016. – С. 202-203.

11. Аркушенко П.Л. Метрологічна експертиза документації складних технічних систем / О. В. Ходич, Є. В. Рижов, П. Л. Аркушенко // Збірник тез доповідей науково-практичної конференції «Застосування Сухопутних військ Збройних сил України у конфліктах сучасності», 17 листопада 2016р. – Львів: НАСВ, 2016. – С. 60.

12. Яковлев М. Ю. Удосконалена методика обґрунтування послідовності і кількості мінімально необхідних параметрів для метрологічного обслуговування військової техніки зв'язку / М. Ю. Яковлев, Є. В. Рижов, П. Л. Аркушенко // Збірник тез 17 науково-технічної конференції «Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах», 7-8 вересня 2017 р. – Чернігів: ДНВЦ ЗСУ, 2017. – С. 389-390.

13. Яковлев М. Ю. Обґрунтування мінімально необхідних вимог до засобів вимірювань при двоступеневій системі діагностування в процесі поточного ремонту військової техніки зв'язку / М. Ю. Яковлев, Є. В. Рижов, П. Л. Аркушенко //

Збірник тез доповідей науково-практичної конференції «Застосування Сухопутних військ Збройних сил України у конфліктах сучасності», 16 листопада 2017 р. – Львів: НАСВ, 2017. – С. 103.

АНОТАЦІЯ

Аркушенко П.Л. Підвищення ефективності метрологічної експертизи військової техніки зв'язку на основі удосконалення методик її проведення. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення. – Національний університет «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України, Львів, 2018.

Дисертація присвячена питанням підвищення оперативності та зменшення витрат на метрологічне обслуговування при встановленні реального технічного стану військової техніки зв'язку. Для цього розроблено комплексну методику проведення метрологічної експертизи військової техніки зв'язку на основі використання методів технічної діагностики, яка базується на: удосконаленій методиці обґрунтування послідовності і кількості мінімально необхідних параметрів для метрологічного обслуговування військової техніки зв'язку, що на відміну від існуючих дозволяє оцінювати комплексний показник параметра як ймовірність його першочергового вибору під час метрологічного обслуговування та додатково враховує роздільну оцінку впливу часу і вартості вимірювання параметрів; удосконаленій методиці вибору засобів вимірювальної техніки військового призначення для метрологічного обслуговування військової техніки зв'язку, яка, на відміну від існуючих, дозволяє визначати мінімально припустимі значення метрологічних характеристик з урахуванням метрологічної надійності; удосконаленій методиці вибору засобів вимірювальної техніки військового призначення для метрологічного обслуговування військової техніки зв'язку, яка враховує вплив якості алгоритмів обслуговування і ремонту військової техніки зв'язку на показники її метрологічного обслуговування та помилки діагностування.

Використання отриманих результатів дозволило підвищити оперативність оцінки технічного стану військової техніки зв'язку на 31 % та знизити вартість її засобів вимірювальної техніки військового призначення під час ТО-2 на 13000 гривень у рік.

Ключові слова: метрологічна експертиза, військова техніка зв'язку, засоби вимірювальної техніки військового призначення, метрологічне забезпечення, метрологічне обслуговування, метрологічна надійність, вимірювальні параметри, метрологічні характеристики, умовний алгоритм.

АННОТАЦИЯ

Аркушенко П.Л. Повышение эффективности метрологической экспертизы военной техники связи на основе усовершенствования методик ее проведения. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.01.02 - стандартизация, сертификация и метрологическое обеспечение. Национальный университет «Львівська політехніка» Министерства образования и науки Украины, Львов,

Диссертация посвящена вопросам повышения оперативности и уменьшения затрат на метрологическое обслуживание (МОб) при установлении реального технического состояния военной техники связи (ВТС).

Установлено, что на данный момент научно-методический аппарат решения задач метрологической экспертизы ВТС не позволяет установить минимальное количество измеряемых параметров и их последовательность, а также то, что допустимое значение вероятности правильной оценки результата измерения параметров определяется ориентировочно в предположении реализации условного алгоритма только совершенной формы. Поэтому, актуальной является задача усовершенствования частных методик метрологической экспертизы ВТС на основе методов технической диагностики с целью повышения оперативности и уменьшения затрат на МОб при установлении ее реального технического состояния.

Для этого разработана комплексная методика проведения метрологической экспертизы ВТС на основе использования методов технической диагностики, которая базируется на:

усовершенствованной методике обоснования последовательности и количества минимально необходимых параметров для МОб ВТС, в отличие от существующих, позволяет оценивать комплексный показатель параметра как вероятность его первоочередного выбора при МОб и дополнительно учитывает отдельную оценку воздействия времени и стоимости измерения параметров;

усовершенствованной методике выбора средств измерений военного назначения для МОб ВТС, которая, в отличие от существующих, позволяет определять минимально допустимые значения метрологических характеристик с учетом метрологической надежности;

усовершенствованной методике выбора средств измерений военного назначения для МОб ВТС, учитывающий влияние качества алгоритмов обслуживания и ремонта ВТС на показатели ее МОб и ошибки диагностирования.

Использование полученных результатов позволило повысить оперативность оценки технического состояния ВТС на 31% и снизить стоимость ее средств измерительной техники военного назначения при ТО-2 на 13000 гривен в год.

Полученные результаты исследований доведены до формализованных методик и технических предложений, имеют высокий уровень готовности к использованию в

промышленности и Министерстве обороны Украины.

Ключевые слова: метрологическая экспертиза, военная техника связи, средства измерительной техники военного назначения, метрологическое обеспечение, метрологическое обслуживание, метрологическая надежность, измерительные параметры, метрологические характеристики, условный алгоритм.

ANNOTATION

Arkushenko P.L. Improving the effectiveness of metrological examination of military communication technology on the basis of improving the methods of conducting it. - On the rights of manuscripts.

The thesis for a scientific degree of the Candidate of Technical Sciences by specialty 05.01.02 - Standardization, Certification and Metrological Assurance. Lviv Polytechnic National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2018.

The dissertation is devoted to the issues of increasing efficiency and reducing the cost of metrological services in establishing the actual technical state of military communication equipment. To this end, a comprehensive methodology for carrying out the metrological examination of military communication technology has been developed on the basis of the use of methods of technical diagnostics, which is based on: an improved method of justification of the sequence and the number of minimum required parameters for metrological maintenance of military communication equipment, which, unlike the existing ones, allows us to evaluate the complex the parameter of the parameter as the probability of its primary choice during the metrological service and additionally takes into account the separate assessment influence of time and cost of measuring parameters; an advanced method of selecting the means of measuring equipment for military use for the metrological service of military communication equipment, which, unlike the existing, allows to determine the minimum acceptable values of metrological characteristics taking into account the metrological reliability; an advanced method of selecting the means of measuring equipment for military use for the metrological maintenance of military communication equipment, which takes into account the quality of the algorithms of maintenance and repair of military equipment of communication on the indicators of its metrological service and diagnostic errors.

The use of the obtained results allowed to increase the efficiency of the assessment of the technical condition of military equipment of communication by 30% and reduce the cost of its means of measuring equipment military purposes during the TO-2 by 13000 hryvnia per year.

Key words: metrological examination, military equipment of communication, means of measuring equipment of military purpose, metrological support, metrological service, metrological reliability, measuring parameters, metrological characteristics, conditional algorithm.