

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Ходич Олексій Володимирович



УДК 621.372; 621.396.6

**МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО МЕТРОЛОГІЧНОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАСОБІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ**

05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Сакович Лев Миколайович,
професор кафедри Інституту спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, м. Київ.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Васілевський Олександр Миколайович,
перший проректор з науково-педагогічної роботи по організації навчального процесу та його науково-методичного забезпечення Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця.


доктор технічних наук, професор
Бойко Тарас Георгійович,
професор кафедри “Прилади точної механіки”
Національного університету “Львівська політехніка”,
м. Львів.

Захист відбудеться “17” травня 2019 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради СВР 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, вул. Професорська, 1).

Автореферат розісланий “ ” квітня 2019 р.

Учений секретар спеціалізованої вченої ради
д.т.н., професор

 Т.З. Бубела

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Державна система урядового зв'язку (ДСУЗ) є основною спеціальною інформаційно-телекомунікаційною системою в Україні, що забезпечує гарантованим криптографічно-захищеним і надійним зв'язком вищих посадових осіб держави, інші керівні органи державного, місцевого та військового управління, державні підприємства, установи, заклади тощо. Ця система складається із стаціонарної та польової компонент, стійкість яких оцінюється показниками надійності засобів спеціального зв'язку (ЗСЗ).

Сучасні і перспективні зразки ЗСЗ належать до найбільш наукоємних і високотехнологічних видів промислової продукції, до яких висуваються підвищені вимоги за якістю та ефективністю застосування. Ефективне функціонування системи науково-технічного супроводження розробок (модернізації) ЗСЗ 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 ЗСЗ та контроль їх виконання. Контроль (вимірювання) параметрів ЗСЗ та вибір потрібних засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) 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 діагностування (УАД). Основний склад робіт щодо обґрунтування вимог до МЗ складається з вибору номенклатури ЗВТ. У польових умовах ці завдання вирішують екіпажі апаратних зв'язку (АЗ) та апаратних технічного забезпечення (АТЗ) зі складу територіальних вузлів урядового зв'язку (ТВУЗ), що ускладнюється віддаленням від баз постачання, обмеженими силами та засобами.

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

Поряд з тим, слід відзначити недосконалість існуючих методів формування вимог до ЗВТ параметрів ЗСЗ, оскільки вони не враховують вплив якості діагностичного забезпечення на показники МОБ ЗСЗ в польових умовах. Тобто, на сьогоднішній день немає цілісних формалізованих методів формування вимог до ЗВТ параметрів ЗСЗ, які забезпечують комплексність у прийнятті рішень щодо МЗ ЗСЗ.

Таким чином, зазначені обставини вимагають вирішення актуального наукового завдання, сутність якого полягає в удосконаленні методів формування

вимог до метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки, які використовують під час технічного обслуговування (ТО), поточного ремонту (ПР) та усунення пошкоджень слабкого ступеню засобів спеціального зв'язку в польових умовах на основі методів технічної діагностики.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основні теоретичні та практичні дослідження проводилися автором згідно з планом Міністерства оборони України в рамках 2 держбюджетних науково-дослідних робіт: шифр “Діагностика-15” – “Обґрунтування комплексу заходів щодо модернізації існуючих пересувних лабораторій вимірювальної техніки Повітряних Сил Збройних Сил України” (2015 р., ДР № 0101U001894) – виконавець окремих розділів; шифр “Реактив” – “Створення виробничих підрозділів метрологічного обслуговування засобів вимірювальної техніки Повітряних Сил Збройних Сил України для випробування та визначення якісних характеристик ПММ” (2016 р., ДР № 0101U002036) – виконавець окремих розділів.

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

Відповідно до поставленої мети, частковими завданнями дослідження є:

аналіз існуючої системи МЗ ЗСЗ та методів формування вимог до МОБ складних радіоелектронних систем;

дослідження можливих видів взаємодії групи фахівців під час ТО і ПР АЗ та отримання функціональних залежностей середнього часу оцінки ТС ЗСЗ і кількісної оцінки діагностичних помилок;

отримання функціональних залежностей значень показників достовірності діагностування ЗСЗ з кратними дефектами від керованих змінних: умов ремонту, якості діагностичного та МОБ;

удосконалення методу формування вимог до ЗВТ параметрів ЗСЗ під час їх ТО і ПР;

удосконалення методу формування вимог до ЗВТ АТЗ для відновлення працездатності ЗСЗ з аварійними та бойовими пошкодженнями;

обґрунтування практичних рекомендацій щодо застосування запропонованих методів.

Об'єкт дослідження – процес формування вимог до засобів вимірювальної техніки параметрів засобів спеціального зв'язку.

Предмет дослідження – методи формування вимог до засобів вимірювальної техніки параметрів засобів спеціального зв'язку з різним ступенем пошкодження під час їх технічного обслуговування і поточного ремонту в польових умовах.

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

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

теорія ймовірностей – для визначення критерію завершення оцінки ТС ЗСЗ;

теорія дискретного пошуку, теорія графів і дискретна математика – для

отримання функціональних залежностей показників достовірності діагностування ЗСЗ з кратними дефектами від керованих змінних;

методи теорії ефективності – для оцінювання ефекту від впровадження запропонованих методів формування вимог до ЗВТ параметрів ЗСЗ та мінімізації витрат.

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

вперше отримано нові аналітичні залежності показників достовірності діагностування ЗСЗ з кратними дефектами від керованих змінних, що на відміну від існуючих враховують умови ПР, якість діагностичного і МОБ, а також дозволяють оцінити вплив якості діагностичного забезпечення (ДЗ) на показники МОБ ЗСЗ;

удосконалено метод формування вимог до ЗВТ параметрів ЗСЗ під час їх ТО і ПР, що на відміну від існуючих додатково враховує можливість використання усіх видів групового пошуку дефектів (ГПД) й надлишковості ЗСЗ та дозволяє оптимізувати метрологічні характеристики (МХ) ЗВТ при забезпеченні вимог до їх ремонтпридатності;

отримано подальший розвиток методу формування вимог до ЗВТ АТЗ для відновлення працездатності ЗСЗ з аварійними та бойовими пошкодженнями, що на відміну від існуючих враховує показники якості МОБ ЗСЗ від умов відновлення їх працездатності в АТЗ, а також дає можливість обґрунтувати вимоги до мінімально необхідних значень МХ ЗВТ з урахуванням їх метрологічної надійності (МН) для комплектування АТЗ в польових умовах.

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

знизити час і трудовитрати процесу оцінки ТС ЗСЗ;

оптимізувати МХ ЗВТ, які використовуються при МОБ ЗСЗ, що дозволяє обрати значно дешевші ЗВТ;

при модернізації існуючого МОБ, так і під час створення нового для перспективних зразків ЗСЗ підвищити рівень обґрунтованості рішень при мінімізації вартості ЗВТ і виконанні вимог щодо середнього часу відновлення ЗСЗ в польових умовах;

застосовувати розроблені методи як окремо, так і в комплексі, що забезпечує підвищення ефективності МОБ ЗСЗ.

Практичне значення отриманих результатів підтверджується відповідними актами реалізації: у Державному науково-дослідному інституті спеціального зв'язку та захисту інформації (акт від 27.03.2017 р.); в ТОВ “Телекард-Прилад” (акт від 14.02.2017 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] – методика оцінки достовірності діагностування ЗСЗ з аварійними та бойовими пошкодженнями; в [2] – метод формування вимог до МОБ ЗСЗ з використанням їх надлишковості під час ПР; в [3] – аналіз існуючих методик метрологічної експертизи (МЕ) складних технічних систем (СТС) та

визначено шляхи їх удосконалення; в [4] – основні напрямки удосконалення МОБ ЗСЗ; в [5] – метод обґрунтування вимог до МОБ ЗСЗ в АТЗ; в [6] – методика обґрунтування вимог до ЗВТ параметрів ЗСЗ АЗ під час ТО та ПР; в [7] – модель процесу відновлення працездатності військової техніки зв'язку (ВТЗ) з комплексним використанням її надлишковості при віддалені від баз постачання.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дослідження оприлюднені на 5 науково-технічній конференції “Проблемні питання розвитку озброєння і військової техніки” (м. Київ, 2013 р.) [8]; науково-технічному семінарі “Геоінформаційні системи та інформаційні технології у військових і спеціальних задачах” (м. Львів, 2014 р.) [9]; Міжнародна науково-технічна конференція “Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ” (м. Львів, 2014 р.) [10]; 10 науковій конференції Харківського університету Повітряних Сил “Новітні технології – для захисту повітряного простору” (м. Харків, 2014 р.) [11]; науково-технічній конференції “Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах” (м. Чернігів, 2016 р.) [12]; Науково-практична конференція “Застосування Сухопутних військ Збройних сил України у конфліктах сучасності” (м. Львів, 2016 р.) [13]; науково-практичній конференції “Актуальні проблеми підготовки, застосування ЗС України, управління ними, їх оперативного та матеріально-технічного забезпечення” (м. Київ, 2016 р.) [14]; 19 Міжнародній науково-практичній конференції “Безпека інформації у інформаційно-телекомунікаційних системах” (м. Київ, 2017 р.) [15]; Міжнародній науково-технічній конференції “Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ” (м. Львів, 2017 р.) [16]; науково-практичній конференції “Застосування Сухопутних військ Збройних Сил України у конфліктах сучасності” (м. Львів, 2017 р.) [17]; Всеукраїнській науково-технічній конференції “Актуальні проблеми проектування, виготовлення і експлуатації озброєння та військової техніки” (м. Вінниця, 2017 р.) [18]; 13 науковій конференції Харківського університету Повітряних Сил “Новітні технології – для захисту повітряного простору” (м. Харків, 2017 р.) [19].

Публікації. Основні наукові результати дисертації опубліковано у 19 працях, зокрема: 7 – статей, з яких 6 у фахових наукових виданнях України (з них 3 – входять до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus), а також додатково відображено у 12 тезах доповідей на наукових, науково-технічних і науково-практичних конференціях.

Структура та обсяг дисертації: Дисертація містить вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел і додатки. Загальний обсяг роботи 140 сторінок, у тому числі 39 рисунків, 12 таблиць (тих, що займають повну сторінку – 1), список використаних джерел зі 112 найменувань на 14 сторінках і 2 додатки на 11 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі дослідження. Подано зв'язок роботи із науковими програмами, планами, темами. Визначено наукову новизну отриманих результатів та їх практичну

цінність. Представлено об'єкт, предмет та методи дослідження. Наведені дані про особистий внесок здобувача, апробацію та публікації результатів.

У першому розділі проведено аналіз системи МОБ ЗСЗ, проаналізовано методи формування вимог до МОБ складних радіоелектронних систем. Визначено основні протиріччя і напрями удосконалення системи МОБ ЗСЗ та наведено обґрунтування напрямів і методів досліджень. Сформульовано наукове завдання дослідження.

Проведено аналіз існуючої системи МОБ ЗСЗ. Показано, що МОБ ЗСЗ займає важливе місце в системі експлуатації ЗСЗ, тому його удосконалення є одним з найважливіших напрямів підвищення ефективності та готовності ЗСЗ.

Проаналізовано відомі методи формування вимог до МОБ складних радіоелектронних систем, визначено їх основні переваги та недоліки. Встановлено, що вони не враховують специфіки експлуатації сучасних складних радіоелектронних систем, особливо ЗСЗ. Удосконалення методів формування вимог до МОБ складних радіоелектронних систем має здійснюватись у комплексі, з урахуванням їх взаємного впливу, що дозволить підвищити його ефективність.

Розглянуто взаємозв'язок технічної діагностики та метрології і показано, що впровадження сучасних технологій в процес визначення технічного стану ЗСЗ дозволяє обґрунтовано знизити вартість ЗВТ. Запропоновано цільову функцію і показник ефективності для кількісної оцінки результатів удосконалення МОБ ЗСЗ та формалізований порядок удосконалення їх МОБ у вигляді блок-схеми алгоритму. Показано, що комплексне використання приведених рекомендацій дозволить знизити вартість ЗВТ при забезпеченні необхідної якості МОБ ЗСЗ.

Показано, що актуальним є удосконалення методів формування вимог до МХ ЗВТ, які використовують під час технічного обслуговування, поточного ремонту та усунення пошкоджень слабкого ступеню ЗСЗ в польових умовах на основі методів технічної діагностики.

У другому розділі розглянуто можливість використання сучасних досягнень технічної діагностики з метою мінімізації вимог до значення ймовірності правильної оцінки фахівцем результату перевірки параметрів ЗСЗ при обмеженнях на час відновлення в умовах реалізації ремонту агрегатним методом, що впливає на вартість ЗВТ, які використовують в процесі технічного обслуговування і всіх видів ремонту.

Показано, що використання всіх видів надлишковості ЗСЗ суттєво скорочує час визначення їх технічного стану і відновлення працездатності. Запропоновано нові алгоритми розрахунку вимог до ЗВТ, які використовують в діагностичному забезпеченні ЗСЗ, що мінімізує їх вартість. В таблиці 1 наведені показники якості діагностичного забезпечення з урахуванням особливостей УАД.

При використанні інформаційної й структурної надлишковості розглянутий двох етапний процес відновлення ЗСЗ: спочатку пошук й заміна

несправного ТЕЗ, а потім пошук і заміна несправного елемента в ньому, індекси у формулах визначають етап відновлення, відповідно.

Таблиця 1 – Показники якості діагностичного забезпечення

Вид надлишковості U	Особливості УАД	P	T_{θ}	ρ
Часова $U=1$	Повтор r перших перевірок	$(2-p)^r p^K$	$\frac{t(K+r)+t_y}{P}$	$\frac{P(1-p)[L+K-1-p(L+r-2^{K-r})]}{2p}$
Функціональна $U=2$	Розподіл ЗСЗ на B частин	$P^{K-\log_2 B}$	$\frac{t \log_2(L/B)+t_y}{P}$	$0,5 \left(\frac{L}{B} + \log_2 \frac{L}{B} - 1 \right) (1-p) p^{\log_2(L/B)-1}$
Конструктивна $U=3$	Бінарний УАД мінімальної форми	P^K	$\frac{Kt+t_y}{P}$	$0,5 \left(\frac{Z}{l} + \log_2 \frac{Z}{l} - 1 \right) (1-p) p^{\log_2(Z/l)-1}$
Інформаційна й структурна $U=4$	Модифікований неоднорідний	$P_1^{K_1} P_2^{K_2}$	$\frac{K_1 t_1 + K_2 t_2 + t_y}{P}$	$0,5 \left[(1-p_1) p_1^{K_1-1} p_2^{K_2} \sum_{i=1}^{K_1} (1+(M-i)!) + p_1^{K_1} (1-p_2) p_2^{K_2-1} \sum_{i=1+K_1}^{K_1+K_2} (1+(M-i)!) \right]$

В такому випадку блок-схема алгоритму мінімізації p при обмеженнях $T_{\theta} \leq T_{\theta d}$ і $\rho \leq 0,5$ для різних варіантів використання надлишковості ЗСЗ під час розробки ДЗ приведено на рисунку 1, де U – вид надлишковості. Блок-схема алгоритму отримання функції $F1$ наведено на рисунку 2.

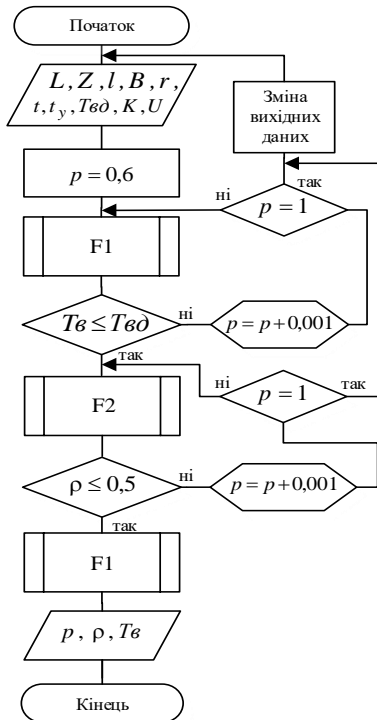


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритму розрахунку мінімально припустимого значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки

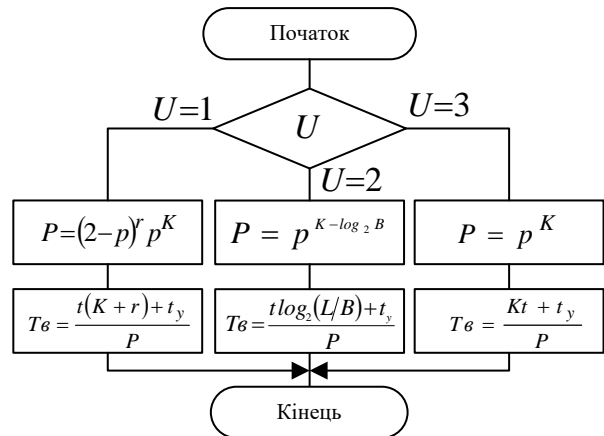


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритму отримання функції $F1$ “Розрахунок середнього часу відновлення”

У випадках використання інформаційної або структурної надлишковості ЗСЗ ($U=4$) під час діагностування використовується модифікований неоднорідний УАД з убуванням модуля вибору від M до $m=2$ по мірі виконання перевірок. Якщо на першому етапі пошуку використовують вбудовані засоби діагностування (ВЗД) ЗСЗ з відомим значенням p_1 і глибиною пошуку K_1 , то мінімальне необхідне значення p_2 знаходиться за допомогою блок-схеми алгоритму (рис. 3).

Показано, що отримані результати доцільно використовувати під час розробки МОБ модернізованих і перспективних зразків ЗСЗ, що мінімізує вартість технологічного обладнання ремонтних органів при виконанні вимог до показників якості поточного ремонту.

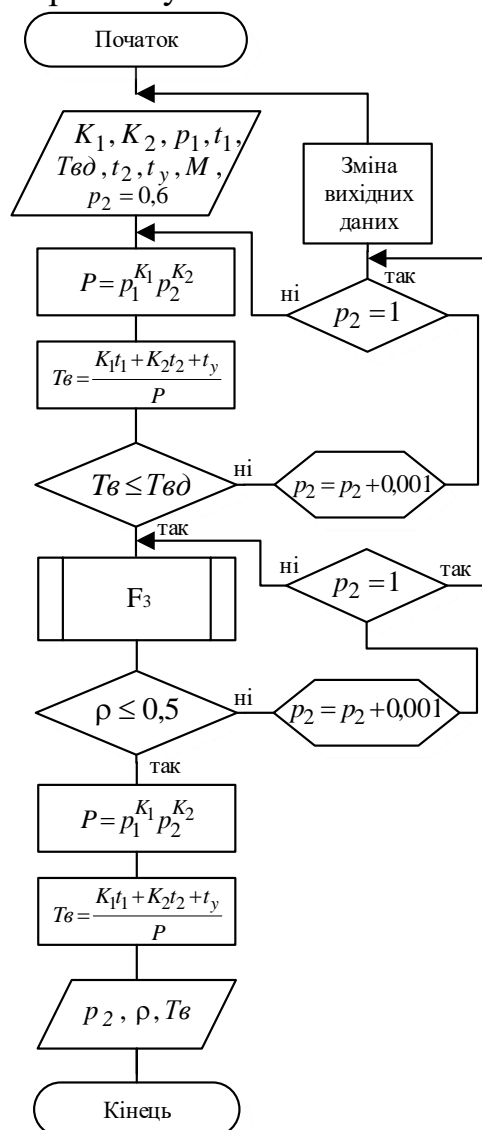


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритму розрахунку мінімально припустимого значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки зовнішніми засобами вимірювань

Розглянуто можливі види взаємодії групи фахівців під час технічного обслуговування і поточного ремонту апаратних зв'язку, а також отримані функціональні залежності середнього часу оцінки технічного стану ЗСЗ і

кількісної оцінки діагностичних помилок.

Цільова функція завдання приймає вид

$$p(X) = \min_{X^* \in \Delta} p(X^*) \text{ при } T\vartheta \leq T\vartheta_d, \rho \leq 0,5; \quad (1)$$

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

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

Δ – область допустимих значень зміни параметрів.

Завдання вирішується при обмеженнях:

кількість фахівців $1 \leq \mu \leq R$, де R – кількість членів екіпажу АЗ або АТЗ;

$\rho \leq 0,5$ – МС відхилення діагнозу при одній помилку 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 ЗВТ.

$$\left(\frac{Kt + t_y}{T\vartheta_d \prod_{i=1}^N P_i(\tau)} \right)^{\frac{1}{K}} \leq p < 1. \quad (2)$$

З урахуванням виконання обмежень на умови реалізації ПР агрегатним методом на рисунку 4 приведена блок-схема алгоритму знаходження мінімально необхідного значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки.

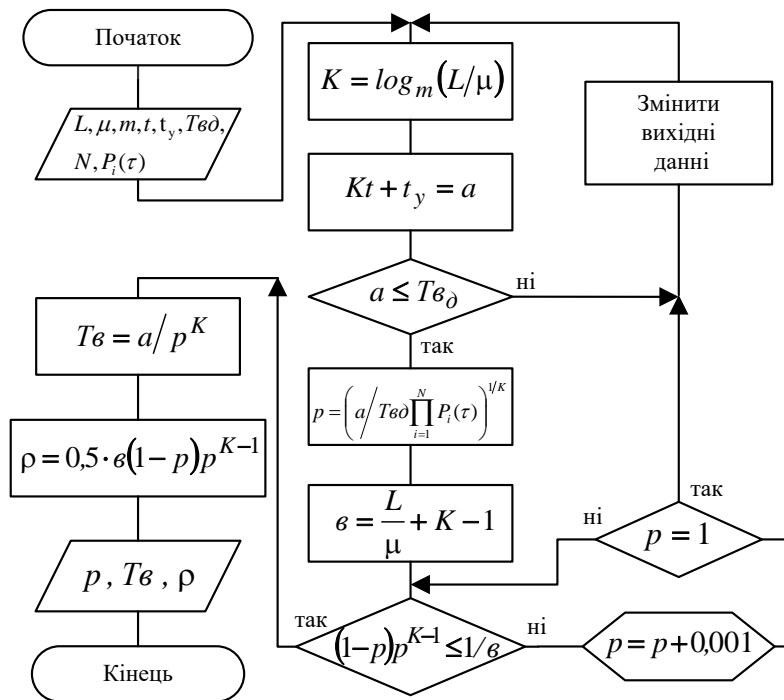


Рисунок 4 – Блок-схема алгоритму знаходження мінімально необхідного значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки при незалежному груповому пошуку дефектів

Досліджено СГПД і отримані наступні функціональні залежності

$$T\vartheta = \frac{Kt + t_y}{p^{\mu K}} \leq T\vartheta\delta; \quad (3)$$

$$K = \log_{\mu+1} L; \quad P = p^{\mu K}; \quad (4)$$

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

По першій нерівності рішення існує, якщо з врахуванням МН ЗВТ

$$\left(\frac{Kt + t_y}{T\vartheta\delta \prod_{i=1}^N P_i(\tau)} \right)^{\frac{1}{\mu K}} \leq p < 1. \quad (6)$$

Блок-схема алгоритму знаходження p_{min} для цього випадку наведена на рисунку 5.

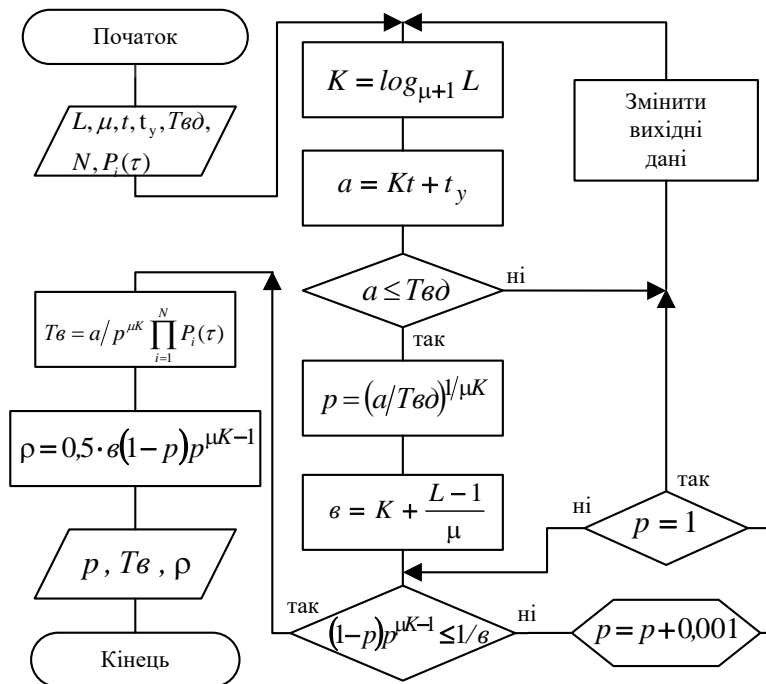


Рисунок 5 – Блок-схема алгоритму знаходження мінімально необхідного значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки при спільному груповому пошуку дефекту

Отже, запропоновано блок-схеми алгоритмів знаходження мінімально необхідного значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки. Встановлено, що отримані результати доцільно використовувати при обґрунтуванні МХ ЗВТ для комплектування апаратних зв'язку та технічного забезпечення.

Отримано і досліджено функціональні залежності значень показників достовірності діагностування об'єктів з кратними дефектами від керованих змінних: умов ремонту, якості діагностичного та метрологічного забезпечення. Формалізовано у вигляді блок-схеми алгоритму практичні рекомендації щодо обґрунтування вимог до метрологічного забезпечення та ремонту ЗСЗ з

кратними дефектами. Отримані результати доцільно використовувати при розробці діагностичного та метрологічного забезпечення існуючих і перспективних зразків ЗСЗ для задоволення вимог до їх ремонтпридатності при мінімальних витратах на МОБ.

При використанні цифрових ЗВТ з кількістю розрядів від трьох до семи і більше $0,9985 \leq p \leq 0,9997$, тобто з достатньою для практики точністю можна вважати $p \approx 1$, тоді

$$P(p, l) \approx 1 - Q(2 + K)(1 - p). \quad (7)$$

Оскільки $0 < p < 1$, то значення $P(p, l)$ убуває зі збільшенням кратності дефектів Q (рис. 6) або розмірності групи елементів (рис. 7), а також з погіршенням метрологічних характеристик ЗВТ в усіх випадках.

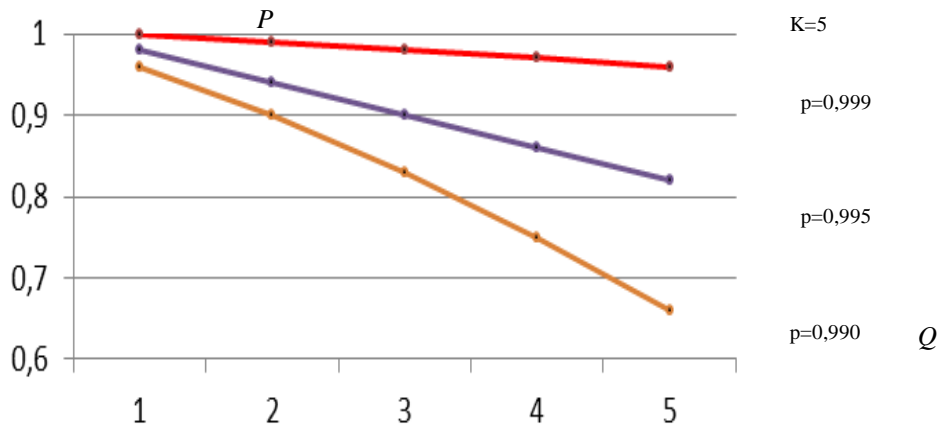


Рисунок 6 – Залежності ймовірності правильного знаходження всіх дефектів від їх кількості в об'єкті

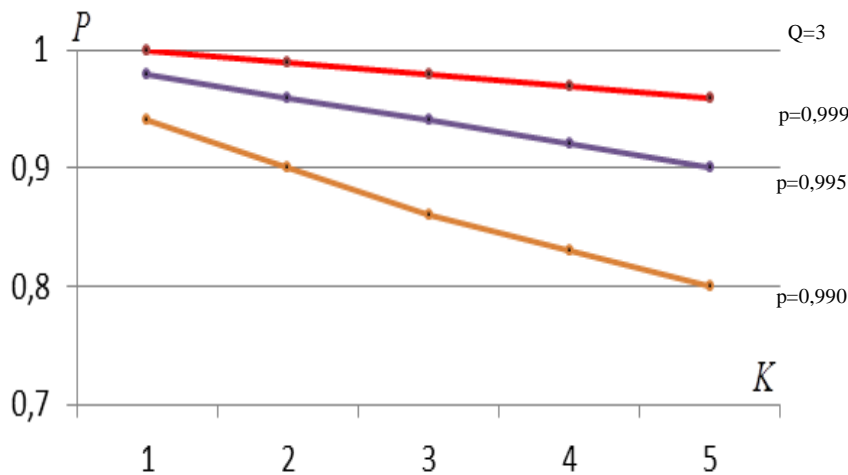


Рисунок 7 – Залежності ймовірності правильного знаходження всіх дефектів від розмірності груп елементів

Середній час відновлення ЗСЗ не повинен перевищувати допустимого значення, що задається керівними документами

$$T_{\text{в}}(Q > 1) = \frac{t K_{\Sigma}(Q) + t_y Q}{p^{Q(2+K)} \prod_{i=1}^N P_i(\tau)} \leq T_{\text{вд}}(Q), \quad (8)$$

де $K_{\Sigma} (Q)$ – сумарна кількість перевірок для виявлення всіх Q дефектів.

Розглянуто варіанти використання групового пошуку дефектів при відновленні ЗСЗ з кратними дефектами і їх впливу на МХ ЗВТ. Запропоновано блок-схеми алгоритмів, що дозволяють визначити мінімально допустиме значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки за умовами ремонту ЗСЗ агрегатним методом, що мінімізує вартість ЗВТ апаратних технічного забезпечення. Показано, що отримані результати доцільно використовувати в методиках обґрунтування вимог до МОБ ЗСЗ за критерієм мінімуму вартості ЗВТ при обмеженнях на час відновлення.

У третьому розділі формалізовано у вигляді методів рішення завдання обґрунтування вимог до ЗВТ, які використовують під час технічного обслуговування, поточного ремонту, усунення аварійних або бойових пошкоджень ЗСЗ силами екіпажів апаратних зв'язку і апаратних технічного забезпечення в польових умовах, за критерієм мінімуму вартості при обмеженнях на заданий час відновлення працездатності згідно цільової функції роботи. Приведено аналіз експериментальних досліджень отриманих наукових результатів і обґрунтовано науково-методичні рекомендації щодо їх практичного використання в Державній службі спеціального зв'язку і захисту інформації України.

Запропоновано удосконалений метод формування вимог до ЗВТ параметрів ЗСЗ під час їх технічного обслуговування і поточного ремонту. Запропонований метод дозволяє знизити вимоги до ЗВТ та скоротити середній час відновлення ЗСЗ при поточному ремонті на 6,4%. Це дозволяє не тільки зменшити час відновлення, але і суттєво знизити вартість ЗВТ, що використовують під час поточного ремонту тракту Р-423. Новизна розробленого методу полягає в комплексному врахуванні перелічених факторів та розробці нового алгоритму її реалізації з використанням отриманих в роботі нових аналітичних виразів і функціональних залежностей показників МОБ ЗСЗ від керованих змінних.

Основні функціональні залежності та аналітичні вирази, що використані в методі, наведено в табл. 1.

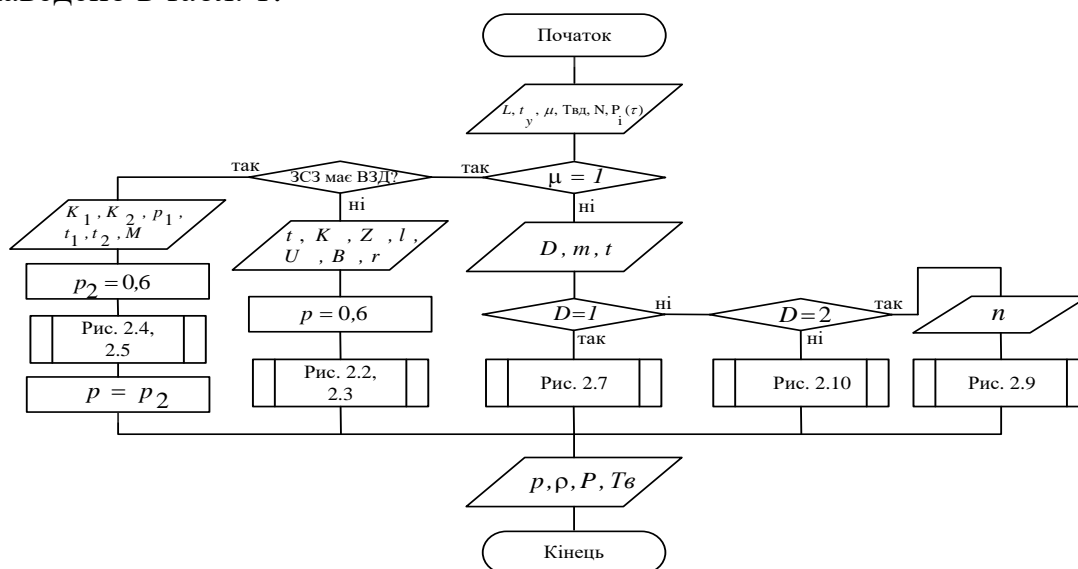


Рисунок 8 – Укрупнена блок-схема алгоритму завдання вимог до ЗВТ під час ТО і ПР ЗСЗ

Після отримання мінімально допустимого значення p , при якому $T_v \leq T_{вд}$ і $\rho \leq 0,5$, за відомими методиками визначають МХ ЗВТ: клас точності (K_T), ціну поділки і довжину шкали аналогових ЗВТ або кількість розрядів (r) цифрових ЗВТ. При цьому вартість ЗВТ буде мінімальною. На рисунках 9 та 10 наведено результати досліджень удосконаленого методу формування вимог до ЗВТ параметрів ЗСЗ під час їх технічного обслуговування і поточного ремонту.

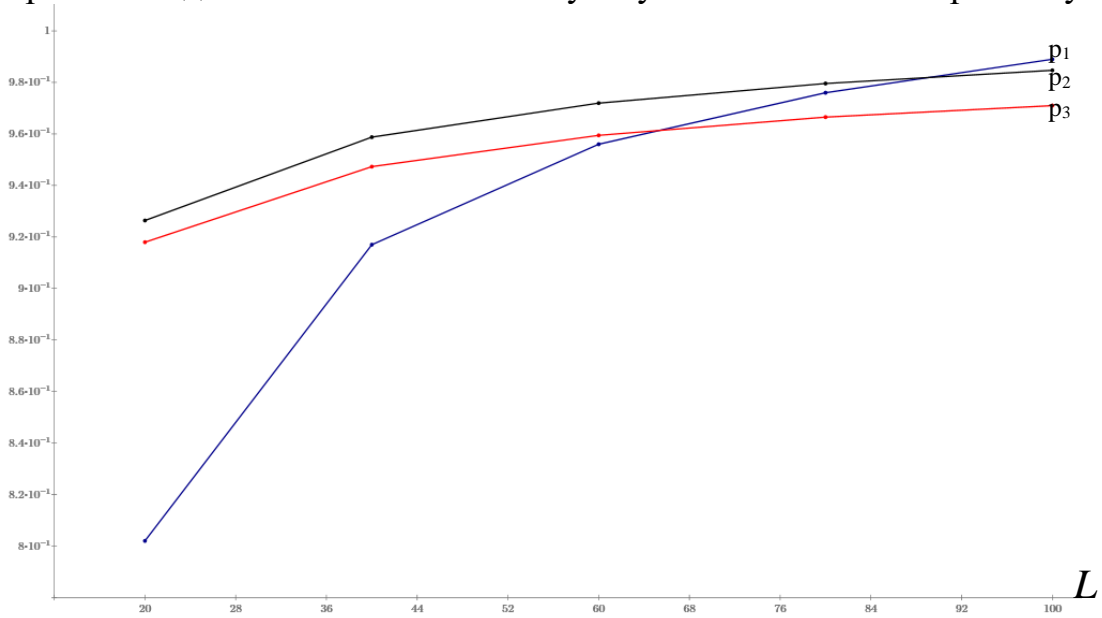


Рисунок 9 – Залежності необхідного значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки від розмірності об'єкту і виду ГПД при заданих обмеженнях на T_v і ρ

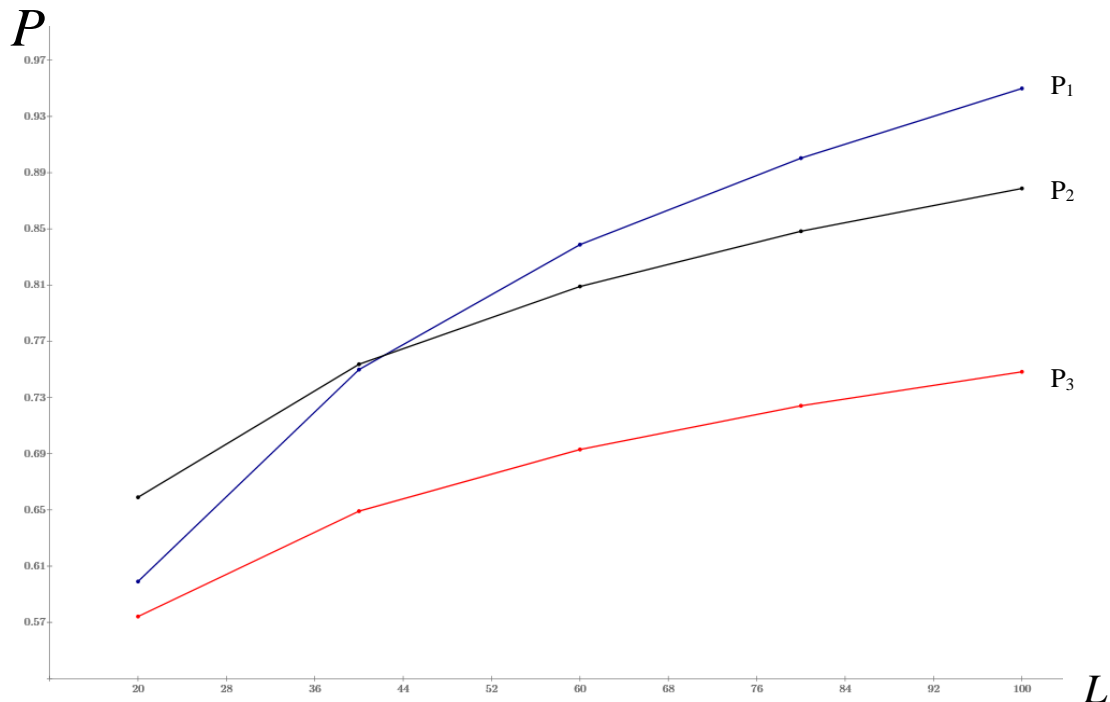


Рисунок 10 – Залежності ймовірності правильної постановки діагнозу від розмірності об'єкту і виду ГПД при заданих обмеженнях на T_v і ρ

Розроблено удосконалений метод формування вимог до ЗВТ апаратних технічного забезпечення для відновлення працездатності ЗСЗ з аварійними та бойовими пошкодженнями. Показано, що ефект від використання запропонованого методу полягає в тому, що при раціональному виборі виду групового пошуку дефектів можливо суттєво скоротити середній час відновлення апаратної зв'язку з кратними дефектами. В даному випадку використано спільний груповий пошук дефектів, що в порівнянні з зонним груповим пошуком дефектів скорочує час відновлення апаратної зі слабким ступенем пошкодження до 43%. Новизна розробленого методу полягає в отриманні нових функціональних залежностей показників якості метрологічного забезпечення при пошуку кратних дефектів в засобах спеціального зв'язку від умов відновлення працездатності в апаратних технічного забезпечення, використанні нового алгоритму її реалізації за допомогою ЕОМ, що дозволило врахувати вплив групового пошуку дефектів за алгоритмом будь якого виду і форми на необхідні мінімально припустимі значення вимог до МОБ ЗСЗ в польових умовах.

Основні функціональні залежності та аналітичні вирази, що використані в методі, наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Показники якості діагностичного забезпечення

Параметр	Вид групового пошуку		
	Незалежний	Зонний	Спільний
$\{\mu, R, Z, K_z\}$	$\{1, 1, 1, K\}$	$\{1, R, Z, K_z\}$	$\{\mu, \mu, L, K\}$
K	$\frac{1-S}{2SL(m-1)^2} \left(\frac{m-1}{1-S} - 1 \right) \left(\frac{m-1}{1-S} + m \right) + 2(SL-1) + SL \log_m \frac{1-S}{S(m-1)}$	$Z(1+K_z) + \frac{SL}{Z}$	$SL \left(1 + \log_{\mu+1} \frac{L}{n} \right) + \frac{n-\mu-1}{\mu}$
n	$SL(m-1)/(1-S)$	$SL(m-1)/Z(1-S)$	$\mu SL/(1-S) \ln(\mu+1)$
P	$p^{1+K/SL}$	$p^{1+ZK_z/SL}$	$p^{\mu(1+\log_{\mu+1}(L/n))}$
T_{θ}	$(tK + SLt_y)/P$	$(tK + SLt_y)/PR$	$(\mu tK + SLt_y)/\mu P$

Укрупнена блок-схема алгоритму реалізації методу приведена на рисунку 11, розроблено програмне забезпечення для його використання.

Після отримання мінімально допустимого значення p , при якому виконуються вимоги реалізації ремонту ЗСЗ агрегатним методом, за відомими методиками визначають клас точності (K_T), ціну поділки і довжину шкали

аналогових ЗВТ або кількість розрядів цифрових ЗВТ, що забезпечує мінімальну вартість ЗВТ.

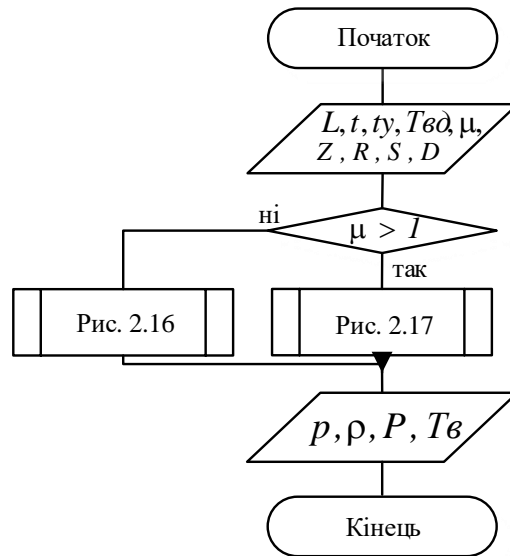


Рисунок 11 – Укрупнена блок-схема алгоритму завдання метрологічних характеристик ЗВТ для комплектування АТЗ

Показано, що всі розроблені методи відрізняються від відомих доступністю вихідних даних, врахуванням не тільки схемних і конструктивних особливостей ЗСЗ, але й використанням всіх видів їх надлишковості для підвищення ефективності діагностичного забезпечення, що скорочує середній час відновлення і знижує вимоги до МХ ЗВТ, тобто зменшує їх вартість. Використання методів не потребує додаткової підготовки фахівців ремонтних органів, що підтверджено під час експериментальної перевірки наукових результатів при удосконаленні МОБ станції тропосферного зв'язку Р-423 в 10 територіальному вузлі урядового зв'язку. Отримані результати доведені не тільки до формалізованих методик, але й до відповідного програмного забезпечення, що дозволяє їх використання в наукових установах та промисловості України.

ВИСНОВКИ

У дисертації приведені теоретичне узагальнення та нове вирішення актуального наукового завдання, сутність якого полягає в удосконаленні методів формування вимог до метрологічних характеристик ЗВТ, які використовують під час ТО, поточного ремонту та усунення пошкоджень слабкого ступеню ЗСЗ в польових умовах на основі використання сучасних досягнень технічної діагностики, методів теорії ймовірностей, теорії дискретного пошуку та метрології.

Головні наукові й практичні результати роботи:

1. У роботі проведений аналіз існуючої системи метрологічного обслуговування ЗСЗ і відомих методів формування вимог щодо метрологічного

обслуговування складних радіоелектронних систем і ЗСЗ зокрема, що дозволило визначити напрямки удосконалення метрологічного обслуговування обладнання Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України.

Враховуючи це, виникає завдання щодо розробки методів формування вимог до метрологічних характеристик ЗВТ, що використовують під час ТО і ремонту ЗСЗ.

2. Результати аналізу можливостей відомого науково-методичного апарату щодо мінімізації вимог до метрологічних характеристик ЗВТ при забезпеченні потрібного часу відновлення ЗСЗ показали, що він не враховує специфіку експлуатації ЗСЗ та сучасні досягнення технічної діагностики.

У зв'язку з цим, наведений у роботі напрям вирішення наукового завдання обумовив необхідність додаткових досліджень впливу якості діагностичного забезпечення на показники метрологічного обслуговування ЗСЗ.

3. Удосконалено метод формування вимог до засобів вимірювань параметрів ЗСЗ під час їх ТО і поточного ремонту, яка на відміну від існуючих додатково враховує МН ЗВТ, можливість використання усіх видів надлишковості ЗСЗ для підвищення якості ДЗ, переваги можливих видів групового пошуку дефектів при колективній діяльності екіпажу АЗ для скорочення часу відновлення ЗСЗ. Новизна розробленого методу полягає в комплексному врахуванні перелічених факторів та розробці нового алгоритму її реалізації з використанням отриманих в роботі нових аналітичних виразів і функціональних залежностей показників МОБ ЗСЗ від керованих змінних.

Удосконалення методу дозволило оптимізувати порядок обґрунтування мінімально необхідних значень МХ ЗВТ при забезпеченні вимог до їх ремонтпридатності.

4. Отримала подальший розвиток метод формування вимог до засобів вимірювань АТЗ для відновлення працездатності ЗСЗ з аварійними та бойовими пошкодженнями, яка за рахунок використання отриманих нових співвідношень, дає можливість обґрунтувати вимоги до мінімально необхідних значень метрологічних характеристик ЗВТ для комплектування АТЗ, призначених для ТО, поточного ремонту, усунення пошкоджень слабого ступеня ЗСЗ в польових умовах.

Новизна розробленого методу полягає в отриманні нових функціональних залежностей показників якості метрологічного обслуговування пошуку кратних дефектів в ЗСЗ від умов відновлення працездатності в АТЗ, використанні нового алгоритму її реалізації за допомогою ЕОМ, що дозволило врахувати вплив ГПД за алгоритмом будь якого виду і форми на необхідні мінімально припустимі значення вимог до метрологічного обслуговування відновлення ЗСЗ в польових умовах.

У результаті експериментальної перевірки отриманих наукових результатів на реальних зразках ЗСЗ в 10 територіальному вузлі урядового зв'язку (смт. Миропіль) в польових умовах встановлено можливість зниження вимог до ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки,

скорочення середнього часу відновлення ЗСЗ під час поточного ремонту і усунення пошкоджень слабкого ступеню.

Практичне використання запропонованих методів, як при модернізації існуючого метрологічного обслуговування, так і під час створення нового для перспективних зразків ЗСЗ дозволяє підвищити рівень обґрунтованості рішень при мінімізації вартості ЗВТ і виконанні вимог щодо середнього часу відновлення ЗСЗ в польових умовах.

Достовірність отриманих наукових результатів дисертаційної роботи підтверджується аналітично з використанням апробованого математичного апарату, апробацією методів на практиці, коли було виявлено узгодженість теоретичних положень з практичними результатами.

Отримані в дисертаційній роботі нові наукові результати доцільно використовувати при розробці метрологічного обслуговування перспективних зразків ЗСЗ, комплектації АТЗ модульного типу, а також при формуванні вимог до метрологічного обслуговування обладнання Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України, під час розробки документації метрологічної експертизи Науковим метрологічним центром військових еталонів Збройних Сил України.

Перспективним напрямом подальших досліджень можуть бути розробка методу обґрунтування метрологічного обслуговування модулів перспективних АТЗ модульного типу для підвищення ефективності відновлення ЗСЗ з аварійними та бойовими пошкодженнями в польових умовах.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Ходич О.В. Оцінка достовірності діагностичних засобів спеціального зв'язку з аварійними та бойовими пошкодженнями / О.В. Ходич, Л.М. Сакович, М.Ю. Яковлев, Є.В. Рижов // Науково-технічний журнал ЦНДІ ОВТ ЗС України. – 2017. – № 1(13). – С. 66-69.

2. Ходич О.В. Формування вимог до метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку з використанням їх надлишковості під час поточного ремонту / О.В. Ходич, Л.М. Сакович, М.Ю. Яковлев, Рижов Є.В. // Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса). – 2017. – № 1(7). – С. 5-10.

3. Ходич О.В. Аналіз методик метрологічної експертизи складних технічних систем / О.В. Ходич, М.Ю. Яковлев, Є.В. Рижов, П.Л. Аркушенко // Український метрологічний журнал. – 2015. – № 2. – С. 12-16.

4. Ходич О.В. Напрямки удосконалення метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку / О.В. Ходич, Л.М. Сакович, Є.В. Рижов // Військово-технічний збірник Національної академії сухопутних військ. – 2017. – № 16. – С. 60-64.

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

6. Сакович Л.М. 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. – 2017. – № 1(50). – С. 108-111.

7. Ходич О.В. Модель процесу відновлення працездатності техніки зв'язку з комплексним використанням її надлишковості при віддаленні від баз постачання / О.В. Ходич, Л.М. Сакович, Є.В. Рижов // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2018. – Вип. 79 (2). – С. 77-83.

8. Рижов Є.В. Математична модель процесу експлуатації засобів зв'язку сухопутних військ з метрологічним обслуговуванням / Є.В. Рижов, С.В. Вовк, О.В. Ходич // IV науково-технічна конференція “Проблемні питання розвитку озброєння і військової техніки”. – Київ, 16-20 грудня 2013 року. – ЦНДІ ОВТ ЗСУ. – 2013. – С. 195-196.

9. Рижов Є.В. Методика обґрунтування мінімально необхідної кількості параметрів та послідовність їх вимірювання для метрологічного обслуговування військової техніки зв'язку за станом / Є.В. Рижов, М.Ю. Яковлев, О.В. Ходич // Науково-технічний семінар “Геоінформаційні системи та інформаційні технології у військових і спеціальних задачах”. – Львів, 28 січня 2014 року. – АСВ. – 2014. – С. 149-150.

10. Ходич О.В. Синтез рухомих автоматизованих ретрансляційних систем радіозв'язку військового призначення з підвищеним рівнем радіомаскування в термінах тензорного обчислення / О.В. Ходич, А.П. Волобуєв, Л.Л. Бортнік // Міжнародна науково-технічна конференція “Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ”. Львів, 14-16 травня, 2014. – Львів: АСВ, 2014. – С. 163.

11. Ходич О.В. Визначення впливу ймовірнісних показників засобів вимірювальної техніки військового призначення на точність оцінки стану військової техніки зв'язку / О.В. Ходич, М.Ю. Яковлев, Є.В. Рижов // 10 наукова конференція Харківського університету Повітряних Сил “Новітні технології – для захисту повітряного простору”. – Харків, 9-10 квітня 2014 року. – ХУПС. – 2014. – С. 319-320.

12. Рижов Є.В. Комплексна методика метрологічної експертизи документації складних технічних систем / Є.В. Рижов, М.Ю. Яковлев, П.Л. Аркушенко, О.В. Ходич // Науково-технічна конференція “Створення та модернізація озброєння і військової техніки в сучасних умовах”. – Чернігів: ДНВЦ ЗСУ. – 2016. – С. 202-203.

13. Ходич О.В. Метрологічна експертиза документації складних технічних систем / О.В. Ходич, Є.В. Рижов, П.Л. Аркушенко, // Науково-практична конференція “Застосування Сухопутних військ Збройних сил України у конфліктах сучасності” – Львів: НАСВ. – 2016. – С. 60.

14. Ходич О.В. Методика кількісної оцінки надійності програмно-керованих засобів зв'язку / О.В. Ходич, Є.В. Рижов, П.Л. Аркушенко // Науково-практична конференція. “Актуальні проблеми підготовки, застосування ЗС України, управління ними, їх оперативного та матеріально-

технічного забезпечення”. – Київ, 27-28 вересня 2016 року. – ЦНДІ ЗСУ, – 2016. – С.

15. Яковлев М.Ю. Оцінка достовірності діагностичних засобів спеціального зв'язку з аварійними та бойовими пошкодженнями / М.Ю. Яковлев, Л.М. Сакович, Є.В. Рижов, О.В. Ходич // 19 Міжнародна науково-практична конференція “Безпека інформації у інформаційно-телекомуних системах”. – Київ: Державна служба спеціального зв'язку та захисту інформації України. – 2017. – Вип. 19. – С. 69.

16. Ходич О.В. Підхід щодо удосконалення метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку / О.В. Ходич, Л.М. Сакович, П.Л. Аркушенко // Міжнародна науково-технічна конференція “Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ”. Львів, 11-12 травня, 2017. – Львів: НАСВ. – 2017. – С. 238.

17. Ходич О.В. Методика обґрунтування кількості і спеціалізації робочих місць ремонтного органу військової техніки зв'язку / О.В. Ходич, Л.М. Сакович, Є.В. Рижов, І.М. Гиренко // Науково-практична конференція “Застосування Сухопутних військ Збройних сил України у конфліктах сучасності”. Львів, 16 листопада, 2017. – Львів: НАСВ. – 2017. – С. 93.

18. Сакович Л.М. Підхід щодо формування вимог до метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку в апаратних технічного забезпечення / Л.М. Сакович, П.Л. Аркушенко, О.В. Ходич // Всеукраїнська науково-технічна конференція “Актуальні проблеми проектування, виготовлення і експлуатації озброєння та військової техніки”. – Вінниця, 17-19 травня 2017. – Вінниця: ВНТУ. – 2017. – С. 270-272.

19. Сакович Л.М. Формирование требований к средствам измерений диагностических параметров аппаратной связи при техническом обслуживании и текущем ремонте / Л.М. Сакович, П.Л. Аркушенко, О.В. Ходич // 13 наукова конференція Харківського університету Повітряних Сил “Новітні технології – для захисту повітряного простору”. – Харків, 12-13 квітня 2017 року. – ХУПС. – 2014. – С. 242.

АНОТАЦІЯ

Ходич О.В. Методи формування вимог до метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку. – 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, 2019.

Дисертація присвячена питанням підвищення оперативності та зменшення витрат на метрологічне обслуговування при встановленні реального технічного стану засобів спеціального зв'язку. Для отримано і досліджено функціональні залежності значень показників достовірності діагностування засобів спеціального зв'язку з кратними дефектами від керованих змінних.

Удосконалено метод формування вимог до засобів виміральної техніки параметрів засобів спеціального зв'язку під час їх технічного обслуговування і

поточного ремонту, який на відміну від існуючих додатково враховує можливість використання усіх видів надлишковості засобів спеціального зв'язку для підвищення якості діагностичного забезпечення. Отримано подальший розвиток методу формування вимог до засобів вимірювань апаратних технічного забезпечення для відновлення працездатності засобів спеціального зв'язку з аварійними та бойовими пошкодженнями, який за рахунок використання отриманих нових співвідношень, дає можливість обґрунтувати вимоги до мінімально необхідних значень метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки для комплектування апаратних технічного забезпечення.

Використання отриманих результатів дозволило підвищити оперативність оцінки технічного стану засобів спеціального зв'язку в польових умовах до 30 %, скоротити середній час їх відновлення під час поточного ремонту і усунення пошкоджень слабкого ступеню і, відповідно, знизити витрати на їх метрологічне обслуговування.

Ключові слова: засоби спеціального зв'язку, апаратні технічного забезпечення, засоби вимірювальної техніки, обґрунтування вимог, надлишковість, діагностичне забезпечення, метрологічне забезпечення, метрологічне обслуговування, вимірювальні параметри, метрологічні характеристики, умовний алгоритм.

АННОТАЦІЯ

Ходыч А.В. Методы формирования требований к метрологическому обслуживанию средств специальной связи. – 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, 2019.

Диссертация посвящена вопросам повышения оперативности и уменьшения затрат на метрологическое обслуживание при установлении реального технического состояния средств специальной связи. Для этого получены и исследованы функциональные зависимости значений показателей достоверности диагностирования средств специальной связи с кратными дефектами от управляемых переменных.

Усовершенствован метод формирования требований к средствам измерительной техники параметров средств специальной связи во время их технического обслуживания и текущего ремонта, который в отличие от существующих дополнительно учитывает возможность использования всех видов избыточности средств специальной связи для повышения качества диагностического обеспечения. Получено дальнейшее развитие метода формирования требований к средствам измерений апаратных технического обеспечения для восстановления работоспособности средств специальной связи с аварийными и боевыми повреждениями, который за счет использования полученных новых соотношений, дает возможность обосновать требования к минимально необходимым значениям метрологических характеристик средств

измерительной техники для комплектования аппаратных технического обеспечения.

Использование полученных результатов позволило повысить оперативность оценки технического состояния средств специальной связи в полевых условиях до 30%, сократить среднее время их восстановления при текущем ремонте и устранения повреждений слабой степени и, соответственно, снизить затраты на их метрологическое обслуживание.

Ключевые слова: средства специальной связи, аппаратные технического обеспечения, средства измерительной техники, обоснование требований, избыточность, диагностическое обеспечение, метрологическое обеспечение, метрологическое обслуживание, измерительные параметры, метрологические характеристики, условный алгоритм.

ANNOTATION

Hodich O. V. Methods of forming requirements for metrological service of special communication means. – On the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of a candidate of technical sciences in the specialty 05.01.02 “Standardization, certification and metrological assurance” – Lviv Polytechnic National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2019.

The dissertation is devoted to questions of increasing efficiency and reducing costs for metrological maintenance when establishing the real technical state of special communication means. For this as well as functional dependences of the values of the reliability indicators of the diagnostic means of the special communication with multiple defects on the controlled variables were obtained and investigated.

The method of forming the requirements for measuring instruments of the parameters of special communication means during their maintenance and on-going repair is improved, which, in contrast to the existing ones, additionally takes into account the possibility of using all kinds of redundancy of special communication means to improve the quality of diagnostic support. Further development of the method of forming the requirements for the means of measuring hardware technical support for the restoration of the working capacity of special communication with emergency and combat damage, which, due to the use of these new relationships, gives an opportunity to substantiate the requirements for the minimum required values of metrological characteristics of measuring equipment for the acquisition of hardware technical support.

The use of the obtained results allowed to increase the efficiency of the evaluation of the technical state of special communication means in the field up to 30%, to reduce the average recovery time during the current repair and to eliminate the weak damage and, accordingly, reduce the cost of their metrological maintenance.

Key words: means of special communication, hardware technical support, measuring equipment, requirements substantiation, redundancy, diagnostic support, metrological support, metrological maintenance, measuring parameters, metrological characteristics, conditional algorithm.