

ІНСТИТУТ СПЕЦІАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ ТА ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
ДЕРЖАВНА СЛУЖБА СПЕЦІАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ ТА ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ХОДИЧ ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 621.372;621.396.6

ДИСЕРТАЦІЯ

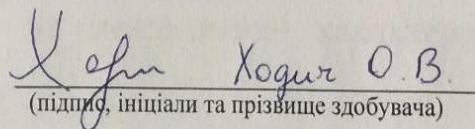
МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО МЕТРОЛОГІЧНОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАСОБІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення

05 «Технічні науки»

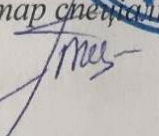
Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело


(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник –
Сакович Лев Миколайович
кандидат технічних наук,
доцент



Ідентичність всіх примірників дисертації
ЗАСВІДЧУЮ:
Учений секретар спеціалізованої
вченої ради  /Т. Бубела/

Київ – 2019

АНОТАЦІЯ

Ходич О.В. Методи формування вимог до метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.01.02 «Стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення» (05 – Технічні науки). – Національний університет «Львівська політехніка», Львів, 2019.

Зміст анотації. Дисертація присвячена питанням підвищення оперативності та зменшення витрат на метрологічне обслуговування при встановленні реального технічного стану засобів спеціального зв'язку. Для цього 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 засобів спеціального зв'язку і кількісної оцінки діагностичних помилок. Отримано і досліджено функціональні залежності значень показників достовірності діагностування засобів спеціального зв'язку з кратними дефектами від керованих змінних: умов ремонту, якості діагностичного та метрологічного обслуговування. Розглянуто варіанти використання групового пошуку дефектів при відновленні засобів спеціального зв'язку з кратними дефектами і їх впливу на метрологічні характеристики засобів вимірювальної техніки.

Удосконалено метод формування вимог до засобів вимірювальної 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, переваги можливих видів групового пошуку дефектів при колективній діяльності екіпажу апаратної зв'язку для скорочення часу відновлення засобів спеціального зв'язку. 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 метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку від керованих змінних. Отримано подальший розвиток методу формування вимог до засобів вимірювань апаратних технічного забезпечення для відновлення працездатності засобів спеціального зв'язку з аварійними та бойовими пошкодженнями, яка за рахунок використання отриманих нових співвідношень, дає можливість обґрунтувати вимоги до мінімально необхідних значень метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки для комплектування апаратних технічного забезпечення, призначених для технічного обслуговування, поточного ремонту, усунення пошкоджень слабкого ступеня засобів спеціального зв'язку в польових умовах.

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.

У першому розділі *«Аналіз стану та перспектив розвитку метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку»* проведено аналіз системи метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку, проаналізовано методи формування вимог до метрологічного обслуговування складних радіоелектронних систем. Визначено основні протиріччя і напрями удосконалення системи метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку та наведено обґрунтування напрямів і методів досліджень. Сформульовано наукове завдання дослідження.

У підрозділі 1.1 *«Аналіз системи метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку»* проведено аналіз існуючої системи метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку. Показано, що метрологічне обслуговування засобів спеціального зв'язку займає важливе місце в системі експлуатації засобів спеціального зв'язку, тому його удосконалення є одним з найважливіших напрямів підвищення ефективності та готовності засобів спеціального зв'язку.

У підрозділі 1.2 «Аналіз методів формування вимог до метрологічного обслуговування складних радіоелектронних систем» проведено аналіз відомих методів формування вимог до метрологічного обслуговування складних радіоелектронних систем, визначено їх основні переваги та недоліки. Встановлено, що вони не враховують специфіки експлуатації сучасних складних радіоелектронних систем, особливо засобів спеціального зв'язку. Удосконалення методів формування вимог до метрологічного обслуговування складних радіоелектронних систем має здійснюватись у комплексі, з урахуванням їх взаємного впливу, що дозволить підвищити його ефективність.

У підрозділі 1.3 «Напрямки удосконалення метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку» розглянуто взаємозв'язок технічної діагностики та метрології і показано, що впровадження сучасних технологій в процес визначення технічного стану засобів спеціального зв'язку дозволяє обґрунтовано знизити вартість засобів вимірювальної техніки. Запропоновано цільову функцію і показник ефективності для кількісної оцінки результатів удосконалення метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку та формалізований порядок удосконалення їх метрологічного обслуговування у вигляді блок-схеми алгоритму. Показано, що комплексне використання приведених рекомендацій дозволить знизити вартість засобів вимірювальної техніки при забезпеченні необхідної якості метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку.

У підрозділі 1.4 «Постановка наукового завдання дослідження» показано, що актуальним є удосконалення методів формування вимог до метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки, які використовують під час технічного обслуговування, поточного ремонту та усунення пошкоджень слабого ступеню засобів спеціального зв'язку в польових умовах на основі методів технічної діагностики.

У другому розділі «Дослідження впливу якості діагностичного забезпечення на показники метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку» розглянуто можливість використання сучасних досягнень технічної діагностики з метою мінімізації вимог до значення ймовірності правильної оцінки фахівцем

результату перевірки параметрів засобів спеціального зв'язку при обмеженнях на час відновлення в умовах реалізації ремонту агрегатним методом, що впливає на вартість засобів вимірювальної техніки, які використовують в процесі технічного обслуговування і всіх видів ремонту.

У підрозділі 2.1 «Формування вимог до метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку з використанням їх надлишковості під час поточного ремонту» показано, що використання всіх видів надлишковості засобів спеціального зв'язку суттєво скорочує час визначення їх технічного стану і відновлення працездатності. Запропоновано нові алгоритми розрахунку вимог до засобів вимірювальної техніки, які використовують в діагностичному забезпеченні засобів спеціального зв'язку, що мінімізує їх вартість. Показано, що отримані результати доцільно використовувати під час розробки метрологічного обслуговування модернізованих і перспективних зразків засобів спеціального зв'язку, що мінімізує вартість технологічного обладнання ремонтних органів при виконанні вимог до показників якості поточного ремонту.

У підрозділі 2.2 «Формування вимог до засобів вимірювань діагностичних параметрів апаратних зв'язку під час технічного обслуговування і поточного ремонту» 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 засобів спеціального зв'язку і кількісної оцінки діагностичних помилок. Запропоновано блок-схеми алгоритмів знаходження мінімально необхідного значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки. Встановлено, що отримані результати доцільно використовувати при обґрунтуванні метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки для комплектування апаратних зв'язку та технічного забезпечення.

У підрозділі 2.3 «Оцінка достовірності діагностування засобів спеціального зв'язку з аварійними та бойовими пошкодженнями» 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 засобів спеціального зв'язку з кратними дефектами. Отримані результати доцільно використовувати при розробці діагностичного та метрологічного забезпечення існуючих і перспективних зразків засобів спеціального зв'язку для задоволення вимог до їх ремонтпридатності при мінімальних витратах на метрологічне обслуговування.

У підрозділі 2.4 «Вимоги до метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку в апаратних технічного забезпечення» розглянуто варіанти використання групового пошуку дефектів при відновленні засобів спеціального зв'язку з кратними дефектами і їх впливу на метрологічні характеристики засобів вимірювальної техніки. Запропоновано блок-схеми алгоритмів, що дозволяють визначити мінімально допустиме значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки за умовами ремонту засобів спеціального зв'язку агрегатним методом, що мінімізує вартість засобів вимірювальної техніки апаратних технічного забезпечення. Показано, що отримані результати доцільно використовувати в методиках обґрунтування вимог до метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку за критерієм мінімуму вартості засобів вимірювальної техніки при обмеженнях на час відновлення.

У третьому розділі «**Комплексне використання результатів досліджень при формуванні вимог до метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку**» формалізовано у вигляді методів рішення завдання обґрунтування вимог до засобів вимірювальної техніки, які використовують під час технічного обслуговування, поточного ремонту, усунення аварійних або бойових пошкоджень засобів спеціального зв'язку 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.

У підрозділі 3.1 «Метод формування вимог до засобів вимірювальної техніки параметрів засобів спеціального зв'язку під час їх технічного обслуговування і поточного ремонту» запропоновано удосконалений метод формування вимог до засобів вимірювальної техніки параметрів засобів спеціального зв'язку під час їх технічного обслуговування і поточного ремонту. Запропонований метод дозволяє знизити вимоги до засобів вимірювальної техніки та скоротити середній час відновлення засобів спеціального зв'язку при поточному ремонті на 6,4%. Це дозволяє не тільки зменшити час відновлення, але і суттєво знизити вартість засобів вимірювальної техніки, 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 метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку від керованих змінних.

У підрозділі 3.2 «Метод формування вимог до засобів вимірювальної техніки апаратних технічного забезпечення для відновлення працездатності засобів спеціального зв'язку з аварійними та бойовими пошкодженнями» розроблено удосконалений метод формування вимог до засобів вимірювальної техніки апаратних технічного забезпечення для відновлення працездатності засобів спеціального зв'язку 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 метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку в польових умовах.

У підрозділі 3.3 «Науково-методичні рекомендації щодо практичного використання результатів дослідження» показано, що всі розроблені методи відрізняються від відомих доступністю вихідних даних, врахуванням не тільки схемних і конструктивних особливостей засобів спеціального зв'язку, але й використанням всіх видів їх надлишковості для підвищення ефективності діагностичного забезпечення, що скорочує середній час відновлення і знижує вимоги до метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки, тобто зменшує їх вартість. Використання методів не потребує додаткової підготовки фахівців ремонтних органів, що підтверджено під час експериментальної перевірки наукових результатів при удосконаленні метрологічного обслуговування 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.

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.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

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.

Статті у наукових періодичних виданнях України, що індексуються міжнародними бібліометричними та наукометричними базами даних

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 забезпеченнях / 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.

Тези доповідей на конференціях

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. 34.

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 // XIX 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 технічних забезпеченнях / 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.

Науково-дослідні роботи

20. Обґрунтування комплексу заходів щодо модернізації існуючих пересувних лабораторій вимірювальної техніки Повітряних Сил Збройних Сил України: Звіт про НДР (заключний) / Харківський університет Повітряних Сил. – Діагностика-15. № 3698/2. – Х., 2015. – 141 с. (всього – 141 стор., авторів 12, керівник О.І. Тімочко) (д/р 0101U001894).

21. Створення виробничих підрозділів метрологічного обслуговування засобів вимірювальної техніки Повітряних Сил Збройних Сил України для випробування та визначення якісних характеристик ПММ: Звіт про НДР (заключний) / Харківський університет Повітряних Сил. – Реактив. – Х., 2016. – 92 с. – Інв. №3943/2. (всього – 92 стор., авторів 14, керівник О.І. Тімочко) (ДР № 0101U002036).

Навчально-методичні посібники

22. Тімочко О.І. Багатоцільові комплекси засобів автоматизації пунктів управління тактичного та оперативного-тактичного рівня Повітряних Сил : навч. посіб. / О.І. Тімочко, Н.О. Корольок, М.А. Павленко, О.В. Ходич. – Х.: ХУПС, 2013. – 232 с.

23. Засоби радіорелейного зв'язку : навч. посіб. / С.В. Женжера, О.М. Чекунова, В.І. Булаєнко, О.В. Ходич, В.О. Палій. – Х.: ХУПС, 2015. – 128 с.

ANNOTATION

Hodich O.V. Methods of substantiation of requirements for metrological maintenance of special communication means. - Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.

Dissertation for the degree of a candidate of technical sciences (doctor of philosophy) in specialty 05.01.02 "Standardization, certification and metrological support" (05 - Technical sciences). - National University "Lviv Polytechnic", Lviv, 2019.

The content of the dissertation. The dissertation is devoted to questions of increasing efficiency and reducing costs for metrological maintenance when establishing the real technical condition of special communication means. For this purpose the possible types of interaction of the group of specialists during maintenance and repair of hardware communications are considered, as well as the received functional dependences of the average time of evaluation of technical condition of means of special communication and quantitative estimation of diagnostic errors. Obtained and investigated functional dependences of values of indicators of reliability of diagnostics of means of special communication with multiple defects from controlled variables: conditions of repair, quality of diagnostic and metrological service. The variants of group search of defects during restoration of means of special connection with multiple defects and their influence on metrological characteristics of measuring equipment are considered.

The technique of substantiation of requirements to the means of measuring equipment of parameters of means of special communication during their maintenance and current repair is improved, which, in contrast to the existing ones, additionally takes into account the possibility of using all types of redundancy of special communication means for improving the quality of diagnostic support, the advantages of possible types of group the search for defects in the collective activity of the crew of the hardware communication to reduce the time recovery of special communication equipment. The novelty of the developed methodology is to integrate these factors into account and develop a new algorithm for its implementation, using the new analytical expressions and functional dependences of metrological service indicators of special communication tools from the controlled variables in the work. Further development of the methodology of substantiation of the requirements for means of measuring hardware technical support for the restoration of the working capacity of means of special communication with emergency and combat damage, which, due to the use of the new relationships obtained, provides an opportunity to justify the requirements to the minimum required metrological characteristics of measuring equipment for the acquisition of hardware Technical maintenance, intended for maintenance, repair, repair of damages en weak degree of special communication in the field.

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

In the first chapter "*Analysis of the state and prospects of the development of metrological maintenance of special communication equipment*" an analysis of the system of metrological maintenance of special communication means has been carried out, methods of substantiation of requirements for metrological maintenance of complex radio electronic systems have been analyzed. The main contradictions and directions of improvement of the system of metrological maintenance of special communication means are determined, and the justification of directions and methods of research is given. The scientific task of the research is formulated.

In section 1.1 "*Analysis of the system of metrological maintenance of special communication equipment*" an analysis of the existing system of metrological maintenance of special communication means was carried out. It is shown that the metrological maintenance of special communication means occupies an important place in the system of exploitation of special communication means, therefore its improvement is one of the most important directions of increase of efficiency and readiness of means of special communication.

In section 1.2 "*Analysis of the methods of substantiation of requirements for the metrological maintenance of complex electronic systems*" an analysis of known methods of substantiation of requirements for metrological maintenance of complex electronic systems was carried out, their main advantages and disadvantages were determined. It is established that they do not take into account the specifics of the operation of modern complex electronic systems, especially the means of special communication. Improvement of methods of substantiation of requirements for metrological maintenance of complex electronic systems should be carried out in a complex, taking into account their mutual influence, which will increase its efficiency.

In section 1.3 "*Directions of improvement of metrological service of special communication means*" the interconnection of technical diagnostics and metrology was

considered and it was shown that the introduction of modern technologies into the process of determining the technical state of special communication means can reasonably reduce the cost of measuring equipment. The target function and the efficiency indicator for quantitative estimation of the results of improvement of metrological service of special communication means and the formalized order of improvement of their metrological service in the form of block diagram of the algorithm are proposed. It is shown that the complex use of the given recommendations will allow to reduce the cost of measuring equipment while ensuring the required quality of metrological maintenance of special communication means.

In section 1.4 "*Statement of the scientific objective of the research*", it is shown that the improvement of the methods of substantiation of the requirements to the metrological characteristics of the measuring equipment used during maintenance, repair and elimination of the weak degree of special communication means in field conditions on the basis of methods is relevant. technical diagnostics.

In the second chapter "*Investigation of the impact of quality diagnostic provision on indicators of metrological maintenance of special communication tools*", the possibility of using modern achievements of technical diagnostics with the aim of minimizing the requirements to the value of the probability of a correct assessment by a specialist of the result of checking the parameters of the means of special communication in the restrictions on the time of recovery in conditions for the repair of the aggregate method, which affects the cost of measuring equipment used in the process of engineering maintenance and all kinds of repairs.

In section 2.1 "*Formation of the requirements for the metrological maintenance of special communication means with the use of their redundancy during the current repair*" it has been shown that the use of all types of redundancy of special communication means considerably reduces the time of determination of their technical condition and restoration of efficiency. New algorithms of calculation of requirements for means of measuring equipment, which are used in diagnostic provision of special communication means, minimizes their cost, are offered. It is shown that the obtained results should be used during the development of metrological maintenance of modernized and perspective

samples of special communication means, which minimizes the cost of technological equipment of repair bodies in fulfilling the requirements to the quality indicators of the current repairs.

In section 2.2 "*Formation of requirements for means of measuring diagnostic parameters of hardware communications during maintenance and repair*", the possible types of interaction of the group of specialists during the maintenance and repair of hardware communications are considered, as well as the obtained functional dependences of the average time of evaluation of the technical I will establish special means of communication and quantify diagnostic errors. The block diagrams of algorithms for finding the minimum necessary value of the probability of correct estimation of the results of the verification are proposed. It is established that the obtained results should be used in substantiating the metrological characteristics of measuring equipment for the acquisition of hardware communications and technical support.

In section 2.3 "*Estimation of authenticity of diagnostics of means of special communication with emergency and combat injuries*" functional dependences of values of indicators of reliability of diagnostics of objects with multiple defects from controlled variables were obtained and investigated: conditions of repair, quality of diagnostic and metrological maintenance. Formalized in the form of a flowchart of the algorithm, practical recommendations for substantiation of requirements for metrological maintenance and repair of means of special communication with multiple defects. The obtained results should be used in the development of diagnostic and metrological support for existing and prospective samples of special communication means to meet the requirements for their repairability with minimal costs for metrological maintenance.

In section 2.4 "*Requirements for the metrological maintenance of special communication equipment in hardware technical support*", variants of the use of group search of defects during restoration of means of special communication with multiple defects and their influence on the metrological characteristics of the measuring equipment are considered. The block diagrams of algorithms, which allow to determine the minimum allowable value of the probability of correct estimation of the results of execution of the check on terms of repair of special communication means aggregate method, which

minimizes the cost of measuring equipment hardware hardware. It is shown that the obtained results should be used in the methods of substantiation of the requirements for the metrological maintenance of special communication means on the criterion of the minimum cost of measuring equipment at the time limit restoration.

In the third chapter "*Integrated use of research results in substantiation of requirements for metrological maintenance of special communication means*" is formalized in the form of methods of solving the task of substantiation of requirements to the means of measuring equipment used during maintenance, repair, elimination of emergency or combat damage of special equipment communication by the forces of the carriers of hardware communications and hardware technical support in the field, on the criterion of the minimum cost with the limitations nnyah at a specific time recovery under the objective function works. The analysis of experimental researches of the received scientific results and scientific and methodological recommendations concerning their practical use in the State Service of Special Communication and Information Protection of Ukraine are substantiated.

In section 3.1 "*Methodology of substantiation of requirements to the means of measuring equipment of parameters of means of special communication during their maintenance and ongoing repair*", an advanced methodology for substantiating requirements to the measuring equipment of the parameters of special communication means during their maintenance and ongoing repair is proposed. The proposed method allows reducing the requirements for measuring equipment and reducing the average recovery time of special communication equipment during the current repair by 6.4%. This allows not only to reduce the time of recovery, but also to significantly reduce the cost of measuring equipment used during the ongoing repair of the path P-423. The novelty of the developed methodology is to integrate these factors into account and develop a new algorithm for its implementation, using the new analytical expressions and functional dependences of metrological service indicators of special communication tools from the controlled variables in the work.

In section 3.2 "*Methodology of substantiation of requirements to the means of measuring equipment of hardware technical support for the restoration of efficiency of*

means of special communication with emergency and combat injuries", an advanced methodology for substantiating requirements to the means of measuring equipment of hardware technical support for the restoration of the capacity of special communication with emergency and battle damage. It is shown that the effect of using the proposed methodology is that when rational choice of the type of group search of defects it is possible to significantly reduce the average time of recovery of the hardware connection with multiple defects. In this case, a common group defect search is used, which reduces the hardware recovery time by 43% compared with the zone group defect search. The novelty of the developed method consists in obtaining new functional dependencies of quality metrological support indicators in the search for multiple defects in means of special communication from the conditions of restoration of performance in hardware technical support, using a new algorithm for its implementation with the help of a computer, which allowed taking into account the influence of group search of defects by algorithm any kind and form on the required minimum acceptable values of the requirements for metrological maintenance of special communication means in the floor conditions.

In section 3.3 "*Scientific and methodological recommendations on the practical use of research results*" shows that all developed techniques differ from the known availability of output data, taking into account not only the circuitry and design features of the special communication tools, but also the use of all types of their redundancy to improve efficiency. diagnostic support, which reduces the average recovery time and reduces the requirements for the metrological characteristics of the measuring equipment, that is, reduces their cost. The use of the techniques does not require additional training of specialists in repair bodies, which is confirmed during the experimental verification of scientific results in improving the metrological service of the tropospheric communication station P-423 in the 10 territorial nodes of government communications. The obtained results are proved not only to the formalized methods, but also to the corresponding software that allows their use in scientific institutions and industry of Ukraine.

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.

LIST OF BUILDERS PUBLICATIONS ON THE THEME OF THE DIRECTORY

Articles in scientific professional editions of Ukraine

1. Khodich O.V. Estimation of reliability of diagnostic means of special communication with emergency and combat injuries / O.V. Khodich, LM Sakovich, M.Yu. Yakovlev, Ye.V. Ryzhov // Scientific-Technical Journal of the Central Scientific-Research Institute of Air Defense of the Armed Forces of Ukraine. - 2017 - No. 1 (13). - P. 66-69.

2. Khodich O.V. Formation of requirements for metrological maintenance of special communication means with the use of their redundancy during the current repair / O.V. Khodich, LM Sakovich, M.Yu. Yakovlev, Ryzhov Ye.V. // Collection of scientific works of the Military Academy (Odessa city). - 2017 - No. 1 (7). - P. 5-10.

Articles in scientific periodicals of Ukraine indexed by international bibliometric and science-based databases

3. Khodich O.V. Analysis of methods of metrological examination of complex technical systems / O.V. Khodich, M.Yu. Yakovlev, Ye.V. Ryzhov, PL Arkushenko // Ukrainian Metrological Journal. - 2015. - No. 2. - P. 12-16.

4. Khodich O.V. Directions of improvement of metrological service of means of special communication / O.V. Khodich, LM Sakovich, Ye.V. Ryzhov // Military-Technical Collection of the National Academy of Ground Forces. - 2017. - No. 16. - P. 60-64.

5. Khodich O.V. Requirements for metrological maintenance of special communication equipment in hardware technical support / O.V. Khodich, LM Sakovich, Ye.V. Ryzhov, PL Arkushenko // Science and technology of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine. - 2017 - No. 1 (26). - P. 150-152.

6. Sakovich L.M. Formation of Requirements for Means of Measurement of Diagnostic Hardware Parameters during Maintenance and Current Repairs / L. M. Sakovich, PL Arkushhenko, O.V. Khodich // Collection of scientific works of Kharkiv National University of Air Forces. - 2017 - No. 1 (50). - P. 108-111.

Abstracts at conferences

7. Ryzhov E.V. Mathematical model of the process of operation of communication facilities of the ground forces with metrological service / E.V. Ryzhov, SV Vovk, O.V. Khodich // IV scientific and technical conference "Problematic issues of armament and military equipment development". - Kyiv, December 16-20, 2013. - Central Organizing Committee of the Armed Forces of the Armed Forces, - 2013. - pp. 195-196.

8. Ryzhov E.V. Method of substantiation of the minimum necessary number of parameters and their measurement sequence for metrological servicing of military communication technique by state / E.V. Ryzhov, M.Yu. Yakovlev, O.V. Khodych // Scientific and technical seminar "Geographic information systems and information technologies in military and special tasks". - Lviv, January 28, 2014. - ASA - 2014 - pp. 149-150.

9. Bortnik L.L. Analysis of methods for reducing the peak factor of OFDM signals / L. L. Bortnik, OO Klimovich, O.V. Khodych // Scientific and technical seminar "Geographic information systems and information technologies in military and special tasks". - Lviv, January 28, 2014. - ASA - 2014 - p. 44.

10. Khodich O.V. Synthesis of mobile automated relay communication systems of military purpose with an increased level of radio-masking in terms of tensor calculus / O.V. Hodich, AP Volobuyev, L.L. Bortnik // International Scientific and Technical Conference "Prospects for the Development of Arms and Military Equipment of the Land Forces". Lviv, May 14-16, 2014. - Lviv: AIS, 2014. - P. 163.

11. Khodich O.V. Determination of the influence of probabilistic indicators of military equipment measuring equipment on the accuracy of the assessment of the state of military communication technique / O.V. Khodich, M.Yu. Yakovlev, Ye.V. Ryzhov // 10th scientific conference of Kharkiv University of Air Forces "Modern technologies - for airspace protection" .- Kharkiv, April 9-10, 2014. - HUPS - 2014. - pp. 319-320.

12. Ryzhov E.V. Integrated methodology of metrological examination of documentation of complex technical systems / E.V. Ryzhov, M.Yu. Yakovlev, PL Arkushhenko, O.V. Khodich // Scientific and Technical Conference "Creation and

modernization of armament and military equipment in modern conditions". - Chernihiv: State Archaeological Center of the Armed Forces. - 2016 - pp. 202-203.

13. Khodich O.V. Metrological examination of documentation of complex technical systems / O.V. Khodich, Ye.V. Ryzhov, PL Arkushchenko, // Scientific-practical conference "Application of the Land Forces of the Armed Forces of Ukraine in the Contemporary Conflict" - Lviv: NASV. - 2016. - P. 60.

14. Khodich O.V. Method of quantitative assessment of the reliability of software-managed communication facilities / O.V. Khodich, Ye.V. Ryzhov, PL Arkushenko // Scientific-practical conference. "Actual problems of preparation, use of the Armed Forces of Ukraine, their management, their operational and logistical support". - Kyiv, September 27-28, 2016. - Central Scientific Library of the Armed Forces, - 2016. - P.

15. Yakovlev M.Yu. Estimation of reliability of diagnostic means of special communication with emergency and military injuries / M.Yu. Yakovlev, LM Sakovich, Ye.V. Ryzhov, O.V. Khodich // XIX International Scientific and Practical Conference "Information Security in Information and Telecommunication Systems". - Kyiv: State Service for Special Communications and Information Protection of Ukraine. - 2017 - Voip. 19. - P. 69.

16. Khodich O.V. Approach for the improvement of metrological service of means of special communication / O.V. Khodich, LM Sakovich, PL Arkushenko // International Scientific and Technical Conference "Prospects for the Development of Arms and Military Equipment of the Land Forces". Lviv, May 11-12, 2017. - Lviv: NASV, 2017. - P. 238.

17. Khodich O.V. Methodology of substantiation of quantity and specialization of work places of the repair body of military equipment of communication / B.B. Khodich, LM Sakovich, Ye.V. Ryzhov, IM Girenko // Scientific-practical conference "Application of the Land Forces of the Armed Forces of Ukraine in Contemporary Conflicts". Lviv, November 16, 2017. - Lviv: NASV. - 2017. - P. 93.

18. Sakovich L.M. Approach for the formation of requirements for the metrological maintenance of special communication equipment in hardware technical support / L.M. Sakovich, PL Arkushhenko, O.V. Khodich // All-Ukrainian scientific and technical conference "Actual problems of designing, manufacturing and exploitation of armaments

and military equipment". - Vinnytsya, May 17-19, 2017. - Vinnitsa: VNTU. - 2017. - P. 270-272.

19. Sakovich L.M. Formation of Requirements for Means of Measurement of Diagnostic Hardware Parameters during Maintenance and Current Repairs / L. M. Sakovich, PL Arkushhenko, O.V. Khodich // 13th scientific conference of Kharkiv University of Air Forces "New technologies - for airspace protection" .- Kharkiv, April 12-13, 2017. - HUPS - 2014 - p. 242.

Research work

20. Substantiation of a set of measures for modernization of existing mobile measuring laboratories of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine: Report on research work (final) / Kharkiv University of Air Forces. - Diagnostics-15. No. 3698/2. - Kh., 2015. - 141 pp. (total - 141 pages, authors 12, supervisor OI Timochko) (dr 0101U001894).

21. Creation of production units of metrological service of measuring equipment of the Air Forces of the Armed Forces of Ukraine for testing and determining the qualitative characteristics of PMM: GDR Report (final) / Kharkiv University of Air Forces. - Reactive - Kh., 2016. - 92 p. - Inv. No. 3943/2. (total - 92 p., authors 14, supervisor OI Timochko) (DR № 0101U002036).

Teaching and methodical manuals

22. Timochko O.I. Multipurpose complexes of means of automation of points of control of the tactical and operational-tactical level of the Air Forces: Teach. manual / O.I. Timochko, N.O. Korolyuk, MA Pavlenko, O.V. Walking - H.: HUPS, 2013. - 232 p.

23. Means of radio relay communication: training. manual / SV Zhenzera, O.M. Chekunova, VI Bulayenko, O.V. Khodich, VO Firebug. - H.: HUPS, 2015. - 128 p.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	2
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	25
ВСТУП	26
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАСОБІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ	33
1.1. Аналіз системи метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку	34
1.1.1. Система метрологічного обслуговування та її місце в системі експлуатації засобів спеціального зв'язку.....	34
1.1.2. Функції системи метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку.....	38
1.2. Аналіз методів формування вимог до метрологічного обслуговування складних радіоелектронних систем	40
1.3. Напрямки удосконалення метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку	45
1.4. Постановка наукового завдання дослідження	49
Висновки до розділу	58
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЯКОСТІ ДІАГНОСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ПОКАЗНИКИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАСОБІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ	60
2.1. Формування вимог до метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку з використанням їх надлишковості під час поточного ремонту	61
2.2. Формування вимог до засобів вимірювань діагностичних параметрів апаратних зв'язку під час технічного обслуговування і поточного ремонту	67

2.3. Оцінка достовірності діагностування засобів спеціального зв'язку з аварійними та бойовими пошкодженнями	77
2.4. Вимоги до метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку в апаратних технічного забезпечення	84
Висновки до розділу	91
РОЗДІЛ 3. КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИ ФОРМУВАННІ ВИМОГ ДО МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАСОБІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ	92
3.1. Метод формування вимог до засобів вимірювальної техніки параметрів засобів спеціального зв'язку під час їх технічного обслуговування і поточного ремонту	92
3.2. Метод формування вимог до засобів вимірювальної техніки апаратних технічного забезпечення для відновлення працездатності засобів спеціального зв'язку з аварійними та бойовими пошкодженнями	101
3.3. Науково-методичні рекомендації щодо практичного використання результатів дослідження	108
Висновки до розділу	110
ВИСНОВКИ	112
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	115
Додаток А. Програмне забезпечення реалізації запропонованих методик	129
Додаток Б. Акти впровадження наукових результатів дослідження....	139

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АЗ – апаратна зв'язку
АТЗ – апаратна технічного забезпечення
ВП – вимірювання параметру
ВЗД – вбудовані засоби діагностування
ВТЗ – військова техніка зв'язку
ГІЕЗ – граф інформаційно-енергетичних зв'язків
ГПД – груповий пошук дефектів
ДЗ – діагностичне забезпечення
ДСУЗ – державна система урядового зв'язку
ЗВТ – засоби вимірювальної техніки
ЗГПД – зонний груповий пошук дефектів
ЗСЗ – засоби спеціального зв'язку
МЕ – метрологічна експертиза
МЗ – метрологічне забезпечення
МОБ – метрологічне обслуговування
МС – математичне сподівання
МТФН – мінімальна таблиця функцій несправностей
МН – метрологічна надійність
МХ – метрологічна характеристика
ОВТ – озброєння та військова техніка
НГПД – незалежний груповий пошук дефектів
ПР – поточний ремонт
СГПД – спільний груповий пошук дефектів
ТВУЗ – територіальний вузол урядового зв'язку
СКВ – середнє квадратичне відхилення
СРС – складні радіоелектронні системи
СТС – складна технічна система
СМОБ – система метрологічного обслуговування

ТЕЗ – типовий елемент заміни

ТММ – теоретико-множинна модель

ТО – технічне обслуговування

ТС – технічний стан

УАД – умовний алгоритм діагностування

УПП – усічена процедура пошуку

ВСТУП

Актуальність теми. Державна система урядового зв'язку (ДСУЗ) є основною спеціальною інформаційно-телекомунікаційною системою в Україні, що забезпечує гарантованим криптографічно-захисним 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 зміст робіт щодо формування 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 (акт від 10.05.2018 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 21 праці, 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 та у 2 звітах з науково-дослідних робіт.

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.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАСОБІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Системи спеціального зв'язку розвиваються в напрямку підвищення якості зв'язку, це викликає відповідне ускладнення ЗСЗ. Внаслідок швидкоплинності сучасного бою ціна відмов цих засобів, що зумовлені технічними причинами, аварійними або бойовими пошкодженнями, зростає, цим і пояснюється підвищення вимог до скорочення часу простою на ремонті. Встановлено наступні протиріччя технічної експлуатації ЗСЗ:

резервування окремих агрегатів підвищує наробіток між відмовами, але ускладнює техніку, її масогабаритні характеристики;

конструкція ЗСЗ орієнтована на ремонт детальним методом, керівні документи вимагають впровадження агрегатного;

цільова функція системи ремонту мирного часу заключається в мінімізації витрат при потрібному часі відновлення, а в воєнний час – навпаки, але при переході з мирного часу на воєнний час, система не повинна суттєво змінюватися;

реальне значення середнього часу відновлення ЗСЗ перевищує припустиме.

Для подолання зазначених протиріч необхідно за результатами моделювання системи технічної експлуатації оптимізувати її структуру, розробити нову редакцію керівного технічного матеріала з ремонтпридатності ЗСЗ, впроваджувати в практику ремонту сучасні досягнення технічної діагностики, проектувати перспективні АТЗ модульного типу, створювати запас агрегатів, удосконалювати систему МОБ ЗСЗ і оптимізувати номенклатуру ЗВТ для їх обслуговування і ремонту. Тому мета розділу – на основі аналізу існуючого стану системи МОБ ЗСЗ обґрунтувати напрямки її подальшого розвитку і конкретизувати завдання дослідження.

1.1. Аналіз системи метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку

Якість виробництва ЗСЗ в Україні, ефективність застосування за призначенням багато в чому залежить від стану їх МОБ [19].

Від ефективного функціонування системи метрологічного обслуговування (СМОБ) залежить оперативність і достовірність отримання інформації про технічний стан ЗСЗ. Тому, відповідно, сучасний розвиток ДСУЗ України, вимагає удосконалення і СМОБ ЗСЗ.

Внаслідок завершення періоду нормальної експлуатації і старіння елементної бази ЗВТ суттєво збільшуються працевтрати на їх ремонт. Так, за даними 10 бази вимірювальної техніки (м. Львів) щодо ремонту ЗВТ військових частин Західного регіону України за останні 7 років працевтрати на ремонт електровимірювальних приладів збільшились на 28 %, а радіовимірювальних приладів – на 43 %. Це потребує ретельного аналізу існуючої системи МОБ ЗСЗ і визначення ефективних напрямків її подальшого удосконалення.

1.1.1. Система метрологічного обслуговування та її місце в системі експлуатації засобів спеціального зв'язку. Під системою будемо розуміти сукупність деяких об'єктів довільної природи, зазначених властивостей об'єктів і відносин між ними [20]:

$$\mathfrak{R} = [\lambda, \Sigma(\lambda), \mathfrak{Z}(\lambda)], \quad (1.1)$$

де λ – множина деяких об'єктів;

$\Sigma(\lambda)$ – множина зазначених властивостей об'єктів λ ;

$\mathfrak{Z}(\lambda)$ – множина відносин між об'єктами множини λ .

Виходячи з цього, визначити СМОБ ЗСЗ – значить, задати множини об'єктів, що входять до неї, виділити розглядаєме коло властивостей цих об'єктів і встановити характер відносин між ними. СМОБ ЗСЗ як основний компонент повинна містити: об'єкт МОБ, активні засоби МОБ та органи управління МОБ. Стосовно ЗСЗ, об'єктом МОБ є контрольована частина їх підсистем і елементів. В

якості активних засобів МОБ використовуються ЗВТ, засоби їх МОБ та ресурси, що виділяються на МОБ ЗСЗ. Управління МОБ ЗСЗ здійснюється відповідними органами на підставі організаційних вказівок вищих ланок управління за допомогою технічних засобів.

Повнота врахування властивостей підсистем і елементів ЗСЗ залежить від завдань дослідження. При удосконаленні СМОБ ЗСЗ найбільший інтерес представляють властивості, що впливають на ефективність її застосування. Для ЗСЗ такими є режими експлуатації та контролепридатність; для ЗВТ – точність, швидкість, надійність, вартість; для органів управління – оперативність, компетентність, мобільність.

На підставі цього можна сформулювати наступне визначення: СМОБ ЗСЗ – це сукупність структурно взаємопов'язаних і функціонально взаємодіючих методичних та організаційних основ, технічних засобів, підрозділів і служб, які вирішують завдання МОБ ЗСЗ.

Розгляд ЗСЗ, органів і засобів їх МОБ в рамках однієї системи можливий і доцільний, так як їх сукупність має основні ознаки і характерні особливості великих систем [20]:

має спільну мету функціонування, яка відображає основне призначення СМОБ ЗСЗ, а також цілі для кожної підсистеми і етапу експлуатації, при цьому цілі підсистем підпорядковані загальносистемним цілям;

відрізняється цілісністю, яка проявляється в тому, що властивості СМОБ ЗСЗ залежать від властивостей всіх вхідних в неї елементів, але не є їх сумою: СМОБ ЗСЗ притаманні якісно нові властивості в порівнянні з вхідними в неї компонентами;

має ієрархічну структуру, що складається з декількох рівнів підсистем і елементів;

має розгалужену мережу стійких, істотних інформаційних, енергетичних і речових зв'язків між підсистемами, елементами та їх властивостями, що перевершують за потужністю зв'язки цих об'єктів із зовнішнім середовищем;

характеризується наявністю управління, що є процесом цілеспрямованого впливу на ЗСЗ.

Стан ЗСЗ в цілому схильний до постійних змін, причиною і джерелом яких є протиріччя між компонентами СМОБ, її структурою та функціями, а також еволюція цілей цієї системи при вдосконаленні процесів експлуатації ЗСЗ [21].

СМОБ ЗСЗ входить в систему МЗ і є підсистемою системи управління експлуатацією ЗСЗ. Мета СМОБ ЗСЗ в рамках системи експлуатації ЗСЗ полягає в підтримці на необхідному рівні показників її ефективності та постійної готовності до застосування в будь-яких умовах обстановки при мінімальних витратах часу та коштів. Ця мета досягається за допомогою отримання інформації про стан підсистем і елементів ЗСЗ і використання цієї інформації для управління їх експлуатацією. Тому мета функціонування СМОБ ЗСЗ в складі системи управління експлуатацією ЗСЗ полягає в своєчасному і точному визначенні тактико-технічних характеристик підсистем і елементів ЗСЗ за умови мінімальних витрат.

Сукупність об'єктів, що не входять в СМОБ ЗСЗ, але взаємодіють з нею в процесі експлуатації, становить зовнішнє середовище. Об'єктами зовнішнього середовища СМОБ ЗСЗ є (рис. 1.1):

підсистеми і елементи ЗСЗ;

система управління експлуатацією ЗСЗ;

вищі метрологічні ланки;

умови експлуатації та фактори протидії супротивника.

Входи СМОБ ЗСЗ утворюються впливом на неї об'єктів зовнішнього середовища. СМОБ ЗСЗ має чотири групи входів. Першу групу складають параметри $X_{ПАР}$, що характеризують стан підсистеми і елементи ЗСЗ. Друга група включає керуючі впливи G_{KB} системи управління експлуатацією, що визначають вимоги до одержуваної інформації, а також виділені для цієї мети ресурси. Третю групу входів СМОБ ЗСЗ представляють розміри (вимірювані значення) контрольованих фізичних величин $Z_{ФВ}$ та організаційні вказівки, які надходять в СМОБ від вищих метрологічних ланок. Четверта група входів СМОБ ЗСЗ

утворюється впливом на СМОб умов експлуатації ЗСЗ, об'єктів живої і неживої природи і супротивника V_{BVE} .

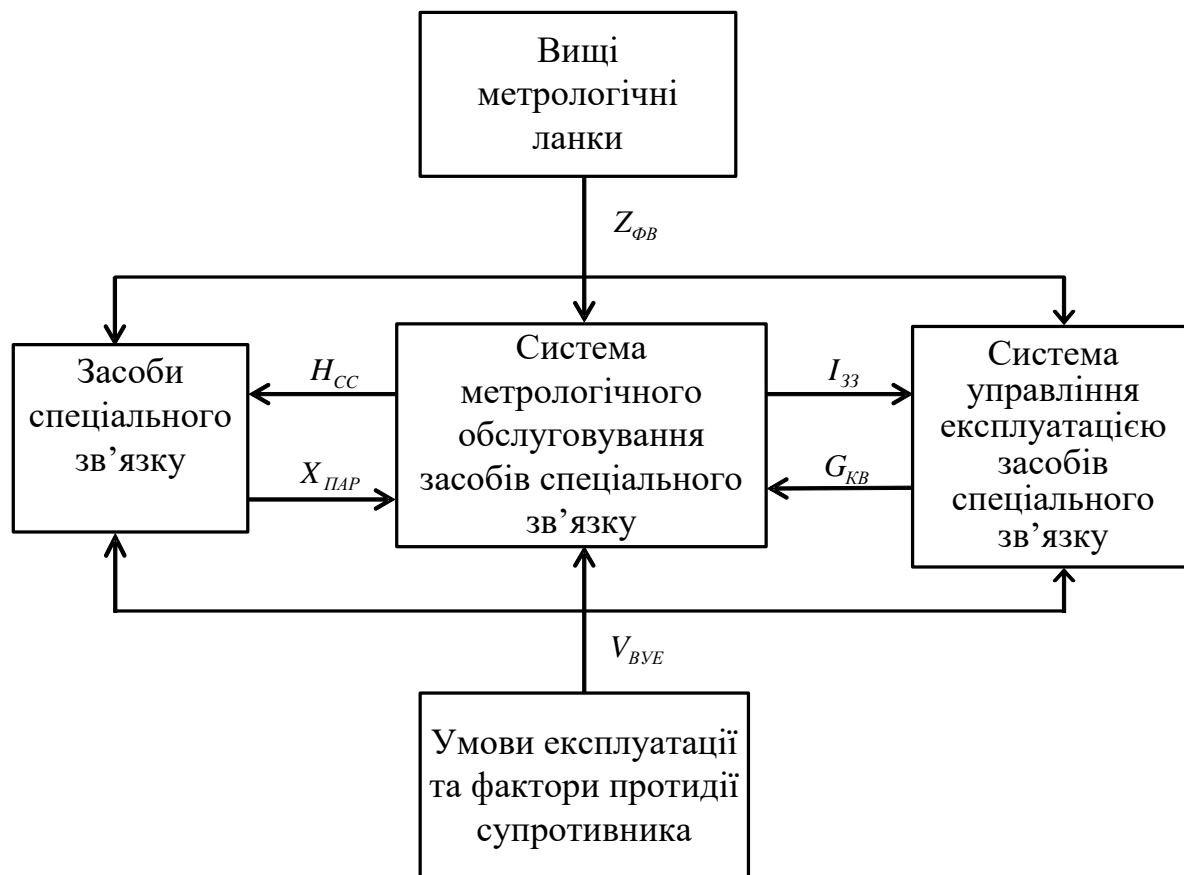


Рисунок 1.1 – Зовнішнє середовище системи метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку

СМОб ЗСЗ впливає на інші об'єкти через виходи, серед яких найважливішими є:

стимулюючі сигнали H_{CC} , що використовуються в процесі вимірювального контролю підсистем і елементів ЗСЗ;

інформація I_{ZZ} про стан підсистем і елементів ЗСЗ, що надходить в систему управління їх експлуатацією.

СМОб ЗСЗ займає важливе місце в системі експлуатації ЗСЗ, організовуючи зворотний зв'язок між системою управління експлуатацією і ЗСЗ. Тому вдосконалення СМОб ЗСЗ є одним з найважливіших системних напрямків підвищення ефективності та готовності ЗСЗ.

Структура СМОб ЗСЗ визначається функціями, які вона повинна виконувати.

1.1.2. Функції системи метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку. Функція системи характеризує вияв її властивостей у даній сукупності стосунків і є способом дії системи при взаємодії із зовнішнім середовищем [22].

Для дослідження функцій СМОБ ЗСЗ використовувався метод дерева функцій. Дерево функцій СМОБ ЗСЗ є декомпозицією цільової функції системи на основні і додаткові. Основні функції представляють загальні для системи даного класу. Їх подальша декомпозиція відображає проблемну орієнтацію і спеціалізацію створеної системи [23, 24].

Узагальнене дерево функцій СМОБ ЗСЗ представлено на рис. 1.2, де виділені функції, що розглядаються у цьому дисертаційному дослідженні. Цільова функція F_0 відповідає основному функціональному призначенню системи – своєчасне і повне МОБ ЗСЗ. Цільова функція F_0 може бути реалізована шляхом виконання трьох наступних функцій:

F_1 – отримання інформації про стан ЗСЗ;

F_2 – аналіз інформації і прийняття рішення;

F_3 – формування керуючих дій процесами МОБ ЗСЗ.

Отримання інформації про стан СМОБ ЗСЗ F_1 може бути досягнуте шляхом реалізації таких функцій:

$F_{1.1}$ – проведення контрольних вимірювань характеристик ЗСЗ (інспекційна метрологічна перевірка ЗСЗ);

$F_{1.2}$ – спостереження (контроль) за проведенням операцій МОБ ЗСЗ;

$F_{1.3}$ – збирання даних про відмови ЗСЗ;

$F_{1.4}$ – накопичення інформації про зміни стану ЗСЗ після впливу керуючих дій СМОБ.

Функція F_2 може бути реалізована при виконанні складових:

$F_{2.1}$ – накопичення інформації про об'єкт управління (організація обліку засобів МОБ, об'єктів МОБ і особового складу, що виконують операції МОБ);

$F_{2.2}$ – обробка інформації;

$F_{2,3}$ – аналіз отриманої інформації;

$F_{2,4}$ – вироблення рішень із вдосконалення СМОБ ЗСЗ.

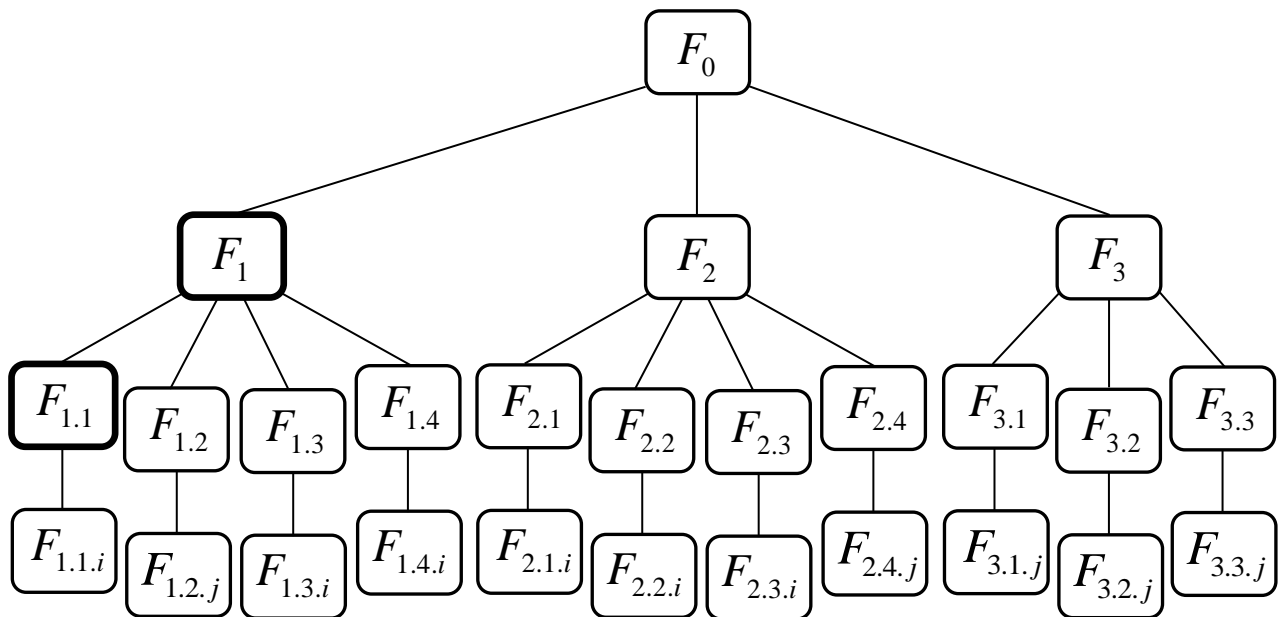


Рисунок 1.2 – Узагальнене дерево функцій системи метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку

Формування керуючих дій F_3 можливо шляхом реалізації таких функцій:

$F_{3,1}$ – планування проведення операцій МОБ ЗСЗ і прогнозування стану СМОБ ЗСЗ;

$F_{3,2}$ – організація робіт із МОБ ЗСЗ;

$F_{3,3}$ – координація і регулювання заходів щодо МОБ ЗСЗ.

Подальша декомпозиція дозволяє виділити функції третього рівня:

$F_{1.1.i}$, $F_{1.1.j}$, $F_{1.3.i}$, $F_{1.4.i}$ – відповідно, проведення контрольних вимірювань на i -й ЗСЗ, спостереження (контроль) за виконанням j -тої операції МОБ, збирання даних про відмову i -ї ЗСЗ;

$F_{2.1.i}$, $F_{2.2.i}$, $F_{2.3.i}$, $F_{2.4.j}$ – відповідно, накопичення необхідної інформації щодо i -ї ЗСЗ, її оброблення, аналіз і приймання рішення з виконання j -тої операції МОБ ЗСЗ;

$F_{3.1.j}$, $F_{3.2.j}$, $F_{3.3.j}$ – відповідно, планування j -тої операції МОБ і прогнозування стану СМОБ ЗСЗ після її виконання, організація її виконання,

координація і регулювання робіт із МОБ при виникненні відхилень від заданого стану.

Запропоноване дерево функцій дозволяє детально досліджувати функціональні можливості СМОБ ЗСЗ і проводити аналіз сукупності її функцій, що реалізуються на різних рівнях ієрархії цієї системи. На базі дерева функцій здійснюється формування структури СМОБ ЗСЗ [23, 24].

Таким чином, в підрозділі проведено аналіз СМОБ ЗСЗ на основі структурно-функціонального підходу та виявлено, що існуюча СМОБ не урахує всіх особливостей ЗСЗ.

1.2. Аналіз методів формування вимог до метрологічного обслуговування складних радіоелектронних систем

У забезпеченні необхідних значень якісних показників складних радіоелектронних систем (СРС) на всіх етапах життєвого циклу важлива роль відводиться їх МОБ при встановленні реального ТС [25]. На теперішній час єдиного методу вибору номенклатури ЗВТ для визначення ТС СРС, зважаючи на складність і різноманіття завдань [26-31], що вирішуються, не існує [32-41].

Відомі методи вибору номенклатури ЗВТ та обґрунтування їх МХ для МОБ СРС завищують вимоги до значення ймовірності правильної оцінки результатів вимірювань параметрів. Це в кінцевому результаті веде до збільшення витрат на експлуатацію ЗВТ, які обираються для проведення МОБ СРС. Відомі методи вибору номенклатури ЗВТ та обґрунтування їх МХ не відповідають умовам сучасності, так як спрямовані переважно на аналогові ЗВТ [29, 31, 34, 35, 41].

У роботах [29, 31, 34, 35, 41] розглянуто методи вибору номенклатури ЗВТ для МОБ СРС.

Наприклад, у [34, 35] представлено методи щодо оцінки відповідності МХ та вибору номенклатури ЗВТ.

В роботі [34] пропонується метод розрахунку допустимої похибки вимірювань при оцінюванні правильності вибору ЗВТ за точністю. Він використовується при

розробці нових ЗВТ. Запропонований метод полягає у розрахунку допустимого значення сумарної похибки результату вимірювань параметру при контролі двостороннього ($\pm \delta_{II}$) та одностороннього ($+\delta_{II}$ чи $-\delta_{II}$) допуску

$$\Delta_{\Sigma \text{don}} = |\delta_{II}| \cdot R,$$

де R – допустиме співвідношення між сумарною похибкою вимірювань і допустимим відхиленням параметру, що контролюється.

Недоліком запропонованого методу є те, що його складно застосувати конструктору-розробнику, оскільки він потребує великої кількості вихідних даних [34] (наприклад, інформація про середньоквадратичне відхилення параметру, що контролюється, невідомий закон розподілу параметру тощо) для розрахунку допустимих значень сумарної похибки результату вимірювань, які необхідні для її реалізації. Тому він дозволяє здійснити лише наближені розрахунки при виконанні ряду спрощуючих припущень.

У [35] запропоновано метод оцінювання правильності визначення складу МХ ЗВТ, що необхідно контролювати, яка полягає у наступному. Введена скорочена програма повірки ЗВТ, яка передбачає мінімально допустимий її об'єм в залежності від конкретних умов застосування на зразках озброєння та військової техніки (ОВТ). Тобто, ті МХ ОВТ, які не передбачається калібрувати, відкидають. За рахунок цього і відбувається мінімізація об'єму повірки. Недоліком вважається те, що розробка ЗВТ під конкретні умови застосування збільшує їх різноманітність.

Загальним недоліком методів наведених у [34, 35] є те, що вони завищують час на проведення вимірювань та потребують великих грошових ресурсів. Результати, які отримуються при використанні зазначеного комплексу методів, завищені та не відповідають дійсності сьогодення. Їхній зміст викладений не в повній мірі і незрозуміло, що не дає можливості використати їх практично при проведенні МОБ.

У [41] наведено метод вибору ЗВТ за точністю для МОБ під час експлуатації СРС. Завдання вирішується вибором ЗВТ за заданим значенням сумарної похибки вимірювань, що складається з методичної та суб'єктивної похибок, які вносяться оператором, а також похибки ЗВТ. Його недоліком є відсутність можливості

врахування впливу МХ ЗВТ на час визначення ТС обслуговуваних і ремонтваних СРС, хоча в ряді робіт показаний тісний взаємозв'язок МХ ЗВТ і середнього часу відновлення працездатності СТС [28, 29, 31].

Найбільш доступним, з можливістю в подальшому використати на практиці, є підхід, що запропоновано у [31]. Він дозволяє при виконанні ремонту агрегатним методом врахувати вплив МХ ЗВТ на час визначення ТС СРС, що обслуговуються і ремонтуються. Проведено аналіз з урахуванням УАД будь-якого виду, а саме бінарного, однорідного, групового досконалої форми, що дозволяє оцінити ймовірність правильної оцінки результату вимірювання параметру (ВП) ЗВТ. Його недоліком є те, що врахування впливу МХ ЗВТ на час визначення ТС обслуговуваних і ремонтваних СРС не залежить від послідовності вимірювання параметрів, допустиме значення ймовірності правильної оцінки результату вимірювання параметрів визначається орієнтовно у припущенні реалізації УАД лише досконалої форми. Тобто, для всіх видів і форм УАД діагностування використовується одна і та ж формула, яка розроблена тільки для досконалої форми УАД

$$\rho(m \geq 2) = 0,5 \left(K + \frac{L-1}{m-1} \right) (1-p) p^{K-1}, \quad (1.2)$$

де ρ – математичне сподівання відхилення у визначенні ТС СРС;

m – модуль вибору алгоритму (кількість можливих оцінок результату ВП);

K – середня кількість вимірювань значень параметрів СРС;

L – кількість можливих станів СРС, включаючи справний стан;

p – значення ймовірності правильної оцінки результату ВП СРС.

Використання виразу (1.2) призводить до завищення оцінки значень математичного сподівання (МС) відхилення визначеного ТС від істинного і завищення вимог до МХ ЗВТ.

Відомо, що достовірність встановлення ТС СРС визначається МХ вбудованих і зовнішніх ЗВТ, які використовуються у процесі їх МОБ, а саме класом точності і значенням p . Значення p змінюється від 0,6 до 0,9997 в залежності від ЗВТ, які використовуються, і це впливає на їх вартість. Так, наприклад для універсальних

вольтметрів зміна класу точності з 0,02 до 0,002 збільшує їх вартість у 7,5 разів [28, 30].

Аналіз відомих методів показує, що вони не враховують можливість зміни МХ ЗВТ в процесі експлуатації, особливо в польових умовах, що в окремих випадках приводить до їх відмови, а це впливає на результат оцінки реального технічного стану (ТС) ВТЗ і ЗСЗ.

МН ЗВТ – їх властивість зберігати задане значення МХ протягом заданого періоду часу в визначених режимах і умовах експлуатації. Кількісно МН ЗВТ оцінюють інтенсивністю відмов, наробітком на відмову та ймовірністю безвідмовної роботи за міжповісрочний інтервал $P(\tau)$

Згідно [109] значення імовірності безвідмовної роботи ЗВТ в залежності від ступеня відповідальності вимірювань вибирають в межах $0,85 \leq P(\tau) \leq 0,99$. Для найбільш відповідальних вимірювань параметрів основних групи ВТЗ і ЗСЗ вузлів зв'язку рекомендується прийняти значення цього показника якості в межах $0,95 \leq P(\tau) \leq 0,99$.

Прогнозоване значення МН ЗВТ з оцінюють за виразами [109]

$$P(\tau) = 1 - M k_M k_C^* ;$$

$$M = 720 \tau k_B / T^* ;$$

де τ – міжповісрочний інтервал (в місяцях);

k_M – частка метрологічних характеристик, не охоплених вбудованим контролем;

k_C^* – статистична оцінка коефіцієнта прихованих відмов;

k_B – коефіцієнт використання;

T^* – статистична оцінка напрацювання на відмову.

Значення τ залежить від типу ЗВТ, k_M визначають з його технічного стану.

Згідно [109] залежно від типу ЗВТ $0,1 \leq k_C^* \leq 0,24$. На пунктах технічного обслуговування і ремонту ВТЗ і ЗСЗ $k_B \approx 0,1$, а на спеціалізованих базах вимірювальної техніки $k_B \approx 0,3$. Середнє квадратичне відхилення (СКВ) отриманої

оцінки ймовірності безвідмовної роботи ЗВТ в кожному конкретному випадку дорівнює [109]

$$\sigma = M k_M \sqrt{k_C^* (0,15 k_C^* + 1) / M} .$$

Отримані у відомих публікаціях функціональні залежності при наявності достовірних вихідних даних дозволяють з необхідною для практики точністю оцінити МН ЗВТ.

Відмова ЗВТ – це неможливість виконувати потрібні функції. Розрізняють не метрологічні відмови (виникають раптово, не залежить від зміни МХ і не потребують для виявлення проведення перевірки) і метрологічні відмови, які ведуть до виходу МХ за встановлені межі. Метрологічні відмови виникають частіше і їх доля в загальному потоці відмов засобів ЗВТВП складає від 40 до 100% [25]. В усіх випадках після визначення відмови ЗВТ потребують ремонту на спеціалізованих базах вимірювальної техніки.

Слід зазначити, що значний внесок у вирішення проблеми розробки методів вибору складу ВП СТС під час встановлення їх технічного стану, методів вибору номенклатури ЗВТ та обґрунтування їх МХ для МОБ СТС внесли Л.М. Віткін, С.С. Войтенко, А.П. Волобуєв, А.В. Воронін, А.Б. Гаврилов, С.В. Герасимов, В.М. Дзюба, В.У. Ігнаткін, О.В. Коновалов, Н.І. Косач, О.М. Крюков, С.П. Ксенз, В.А. Кузнецов, Л.М. Сакович, О.П. Флорін, В.М. Чинков, М.Ю. Яковлев та багато інших учених і фахівців. На сучасному етапі продовжують працювати потужні наукові школи з питань вибору номенклатури ЗВТ та обґрунтування їх МХ у Науковому метрологічному центрі (військових еталонів) м. Харків, Харківському національному університеті Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Інституті метрології м. Харків, Національній академії Національної гвардії м. Харків, Інституті спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського” м. Київ, Київському коледжі зв'язку, Центральному науково-дослідному інституті Збройних Сил України м. Київ, Національному університеті "Львівська політехніка", Вінницькому національному технічному університеті, Національному технічному університеті України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря

Сікорського", Харківському національному університеті радіоелектроніки, Дніпродзержинському державному технічному університеті, Миколаївському спеціалізованому центрі бойової підготовки авіаційних фахівців Збройних Сил України, Національній академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного м. Львів, Військовій Академії зв'язку м. Санкт-Петербург тощо.

Таким чином, в підрозділі проведено аналіз відомих методів формування вимог до МОБ СРС, визначено їх основні переваги та недоліки. Встановлено, що відомі методи формування вимог до МОБ СРС не завжди є оптимальними, оскільки не враховують специфіки експлуатації сучасних СРС, особливо це стосується ЗСЗ. Слід відзначити, що удосконалення методів формування вимог до МОБ СРС має виконуватись в комплексі, з урахуванням їх взаємного впливу, що дозволить суттєво підвищити ефективність їх МЗ.

1.3. Напрямки удосконалення метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку

Реальний технічний стан ЗСЗ під час їх ТО та всіх видів ремонту визначається за аналізом результатів кількісної оцінки значень параметрів та характеристик, для чого використовують ЗВТ. МОБ – це комплекс робіт з вимірювання та контролю параметрів (характеристик) ОВТ, апаратури та пристроїв і установа необхідності їх налаштування, регулювання або ремонту [42].

Взаємозв'язок технічної діагностики, яка вирішує задачі перевірки працездатності виробів, пошуку дефектів при їх несправності і прогнозування стану на деякий період часу, та метрології показано в роботі [1], але більшість діючих методик розробки МОБ не враховують цю обставину [2-5]. В останній час опубліковані результати досліджень впливу якості МОБ на ефективність рішення завдань технічної діагностики [6-20], але методика комплексного їх використання при обґрунтуванні вибору ЗВТ для ТО і ремонту ЗСЗ за обраними критеріями відсутня. Тому мета підрозділу – з застосуванням сучасних досягнень в галузі технічної діагностики і метрології розглянути можливості їх використання під час розробки МОБ ЗСЗ.

Відомо, що значення класу точності (K_t) ЗВТ суттєво впливає на їх вартість: наприклад, зміна K_t з 1,0 до 0,2 збільшує вартість універсального вольтметра в 4 рази [43-45]. В свою чергу K_t аналогових чи кількість розрядів (r) цифрових ЗВТ залежать від вимог до ремонтпридатності ЗСЗ: зв'язок метрології та технічної діагностики полягає в тому, що ймовірність правильної оцінки результату виконання вимірювань параметру під час оцінки реального технічного стану об'єкту (p) впливає на середній час відновлення працездатності ($T_{\text{в}}$) [28, 43, 45, 46] (без врахування МН)

$$T_{\text{в}} = \frac{Kt + t_y}{p^K} \leq T_{\text{в}0},$$

де t – середній час виконання вимірювання;

t_y – середній час усунення несправності;

$T_{\text{в}0}$ – припустимий час відновлення працездатності, що задається керівними документами.

Звідси випливає мінімально допустиме значення

$$p_{\min} = \sqrt[K]{\frac{Kt + t_y}{T_{\text{в}0}}}.$$

З врахуванням МН ЗВТ отримуємо

$$p_{\min} = \sqrt[K]{\frac{Kt + t_y}{T_{\text{в}0} \prod_{i=1}^N P_i(\tau)}},$$

де N – кількість ЗВТ, що використовують під час ТО або ПР ЗСЗ;

$P_i(\tau)$ – ймовірність безвідмовної роботи ЗВТ виду i за межповірочний період τ .

Це дозволяє більш обґрунтовано визначати p_{\min} і розраховувати час виконання ТО і ПР ЗСЗ.

Наприклад, врахування МН ЗВТ (табл. 1.1) при виконанні ТО радіостанції Р-1150 уточнює необхідний час робіт на 5,5 %.

Мінімально припустима кількість розрядів цифрових ЗВТ визначається нерівністю [47, 48]

$$\sqrt{39989 - 40000p} \leq r \leq \sqrt{59991 - 60000p},$$

де результат r округлюється до цілого числа. Тобто, від якості ДЗ ЗСЗ залежить

значення K , від кваліфікації фахівців та технологічного обладнання ремонтного органу залежать значення t і t_y , що визначає p_{\min} і вибір типу ЗВТ (табл. 1.2) [43-45].

Таблиця 1.1 – Приклад врахування МН ЗВТ при виконанні ТО радіостанції Р-1150

Засіб вимірювальної техніки	T , год.	k_M	k_C	$P_i(\tau)$	σ
Ц 4353	1500	1,0	0,21	0,877	0,353
МЗ-45	2000	1,0	0,23	0,899	0,319
ЧЗ-64	3000	0,5	0,16	0,976	0,217
С6-11	5000	0,1	0,16	0,997	0,054
ВЗ-56	4000	1,0	0,10	0,978	0,148
Г4-151	5000	0,3	0,20	0,989	0,187

Задача удосконалення МОБ ЗСЗ зводиться до мінімізації значення p за рахунок підвищення якості ДЗ (зниження K , t , t_y) з подальшим обґрунтованим вибором типу ЗВТ (табл. 1.2) і розрахунком за відомими методиками [43, 44, 47, 48] K_t або r .

Рішення можливе за рахунок використання досягнень технічної діагностики: використання під час розробки діагностичного забезпечення всіх видів надлишковості ЗСЗ [49-51];

під час обслуговування або ремонту ЗСЗ в умовах ремонтних органів використовувати всі види ГПД [52-55];

при відновленні ЗСЗ з аварійними або бойовими пошкодженнями використовувати ремонт агрегатним методом з усіченою процедурою пошуку (УПП) кратних дефектів [46, 56, 57].

Блок-схема алгоритму удосконалення МОБ ЗСЗ за рахунок використання ефективних технологій технічного діагностування наведено на рис. 1.3, де μ – кількість фахівців;

Q – ступінь пошкодження ЗСЗ (кількість кратних дефектів) ($Q < 0,1L$).

Таблиця 1.2 – Узагальнені відомості про безпомилковість виконання вимірюваних операцій

№ з/п	Вимірювані операції	<i>p</i>
1.	Сприйняття і оцінка показань одиночного стрілочного приладу:	
	Багатоканального	0,84...0,852
	Простого	0,944...0,960
	з вертикальною лінійною шкалою	0,645
	з горизонтальною лінійною шкалою	0,725
	з круговою шкалою	0,891
	з напівкруглою шкалою	0,834
	з шкалою у вигляді вікна	0,995
2.	Визначення значення "норма" по сектору на шкалі приладу	0,971
3.	Пошук, сприйняття і оцінка стану індикаторів:	
	від одного до семи	0,995
	від п'яти до п'ятнадцяти	0,99
4.	Сприйняття і оцінка показань цифрового приладу з кількістю розрядів:	
	від одного до трьох	0,9997
	від чотирьох до шести	0,9993
	від семи і більше	0,9985
5.	Прийняття рішення при декількох логічних умовах:	
	одне, два	0,995
	три, чотири	0,950
	п'ять і більше	0,900

В підрозділі розглянуто взаємозв'язок технічної діагностики та метрології і показано, що впровадження сучасних технологій в процес визначення технічного стану ЗСЗ дозволяє обґрунтовано знизити вартість ЗВТ. Формалізований порядок удосконалення МОБ ЗСЗ у вигляді блок-схеми алгоритму. Запропоновано враховувати МН ЗВТ під час обґрунтування їх МХ.

Комплексне використання приведених рекомендацій дозволить знизити вартість ЗВТ при забезпеченні необхідної якості МОБ ЗСЗ.

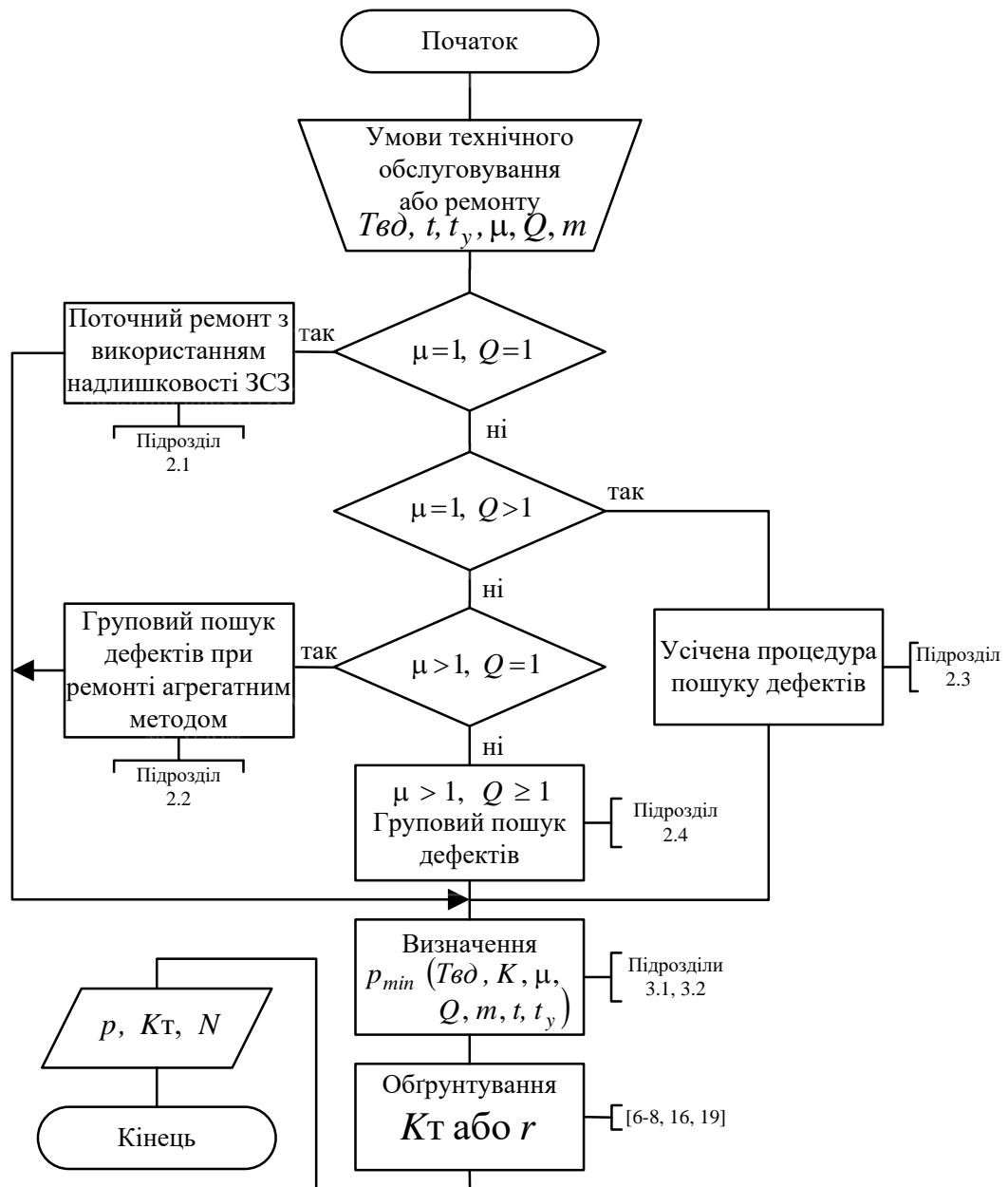


Рисунок 1.3 – Блок-схема алгоритму удосконалення метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку

1.4. Постановка наукового завдання дослідження

Обґрунтування вимог до ЗВТ параметрів ЗСЗ здійснюють в рамках МЕ документації ЗСЗ, яка проводиться на етапах розробки, виробництва, випробувань, експлуатації та ремонту.

Під час проведення МЕ документації передбачено вирішення великої кількості завдань, а саме [42]:

попередня оцінка відповідності одержаних значень параметрів ЗСЗ, які контролюються, визначених у тактико-технічному завданні;

оцінка повноти і достатності вибраного переліку параметрів, які вимірюються (контролюються);

оцінка правильності встановлення значень похибки (невизначеності) вимірювань кожного параметру, що контролюється;

оцінка номенклатури ЗВТ, які підлягають періодичній повірці в процесі експлуатації, правильності вибору періодичності повірки і змісту розроблених документів з повірки;

оцінка відповідності характеристик ЗВТ експлуатаційним вимогам до них, включаючи виконання заданих вимог до точності вимірювань і достовірності контролю;

оцінка трудовитрат і часу, які витрачаються на вимірювання та контроль параметрів ЗСЗ;

оцінка сумісності ЗСЗ та ЗВТ, ступеня автоматизації і зручності вимірювань.

Завдяки цьому можна внести певні корективи у конструкторську документацію зі створення перспективного зразка ЗСЗ. МЕ робочої конструкторської документації для виготовлення дослідного зразка проводять з метою оцінки відповідності конструкторської документації вимогам МЗ зразка ЗСЗ. Адже, окремі завдання мають вирішуватись до початку виробництва зразка ЗСЗ. Як наслідок – зменшення витрат на МОБ та часу на його проведення веде до підвищення ефективності МЗ в цілому. Загальну структуру метрологічного забезпечення вимірювань наведено на рис. 1.4.

Системний підхід щодо удосконалення МЕ документації ЗСЗ вказує на необхідність врахування вимог підвищення ефективності їх МЗ. Ступінь відповідності системи її цільовому призначенню визначається показником ефективності – кількісною характеристикою, яка оцінює пристосованість системи до виконання поставлених завдань. До нього пред'являються вимоги: показовість (врахування оцінки ефективності вирішення основного завдання), максимальна простота, критичність до зміни параметрів [58-63]. Виходячи із цільового

призначення МЕ документації ЗСЗ і з урахуванням існуючого економічного становища в Україні, а також перелічених вимог показник ефективності доцільно представити у вигляді відносного зниження вартості МОБ ЗСЗ при $T_v \leq T_{вд}$ і без втрати якості

$$\eta = \frac{C' - C}{C'} \cdot 100\%, \quad (1.3)$$

де C' – вартість МОБ ЗСЗ в існуючій системі обслуговування;

C – вартість МОБ ЗСЗ після впровадження результатів роботи.

Нерівність $T_v \leq T_{вд}$ забезпечується раціональним часом проведення МОБ, обґрунтованим вибором методик МОБ, а також розподілом сил і засобів.

Для аналогових ЗВТ вартість є обернено пропорційною класу точності $C_a \equiv 1/K_T$, а для цифрових прямо пропорційна кількості розрядів $C_u \equiv r$, тоді вираз (1.3) перетворюється до виду:

$$\eta = \begin{cases} \frac{K_T - K_T'}{K_T'} \cdot 100\% & \text{для аналогових,} \\ \frac{r' - r}{r'} \cdot 100\% & \text{для цифрових,} \end{cases} \quad (1.4)$$

де $K_T > K_T'$, $r < r'$;

K_T – клас точності аналогових ЗВТ;

r – кількість розрядів цифрових ЗВТ.

Мета досліджень – є підвищення оперативності та зменшення витрат на МОБ ЗСЗ.

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

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

Представлення цілей і завдань МЗ ЗСЗ дозволяють здійснити розробку цільової функції. Цільова функція – параметр оптимізації, який характеризує ступінь досягнення мети, виражений функціональною залежністю.



Рисунок 1.4 – Загальна структура метрологічного забезпечення вимірювань

До цільових функцій складних систем пред'являються вимоги: однозначність, відповідність реальному процесу, запис через параметри управління, наявність тільки одного екстремуму, відсутність розривів і неоднорідностей, співставність основній характеристиці якості [58-63].

На практиці найбільш поширене завдання – це досягнення максимуму показника ефективності за рахунок раціонального розподілу обмежених ресурсів на створення системи. Оскільки основні трудовитрати при визначенні ТС ЗСЗ визначаються їх МОБ, то підвищення ефективності МЗ в цілому досягається скороченням вартості проведення МОБ за необхідний час.

Відомо, що клас точності аналогових або кількість розрядів цифрових ЗВТ є функцією ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки, зменшення якої до мінімально необхідної для досягнення потрібних вимог до ремонтпридатності виробу знижує вартість ЗВТ. Тому як показник ефективності дисертаційного дослідження доцільно використовувати відносне зниження вимог до ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки за УАД

$$\eta = \frac{p' - p}{p'} 100\% , \quad (1.5)$$

де p' – значення цієї ймовірності для існуючої системи МОБ ЗСЗ;

p – значення цієї ймовірності, що отримана за результатами дисертаційного дослідження.

Вираз (1.5) можливо використовувати як для аналогових так і для цифрових ЗВТ.

З урахуванням наведених міркувань цільову функцію МЕ документації ЗСЗ можна представити у вигляді мінімізації витрат на МОБ ЗСЗ при обмеженні часу його виконання

$$C(X) = \min_{X^* \in \Delta} C(X^*) \text{ при } T_v \leq T_{v\delta} , \quad (1.6)$$

де $X = \{k, t, t_y, p, T_{vv}\}$ – параметри, що впливають на вартість МОБ ЗСЗ (k, t, t_y, p – керовані параметри, залежать від якості ДЗ, ЗВТ і кваліфікації виконавця; T_{vv} – задається керівним технічним матеріалом);

X^* – значення параметрів при яких вартість МОБ ЗСЗ мінімальна;

Δ – область допустимих значень зміни параметрів.

Параметри СМОБ умовно розділяються на внутрішні, що залежать від ЗСЗ, і зовнішні, що визначаються польовими умовами відновлення працездатності під час ПР або ТО в складі АЗ або фахівцями АТЗ.

Внутрішні параметри штатні:

кількість типових елементів заміни (ТЕЗ) при ПР ЗСЗ агрегатним методом (відповідає кількості можливих станів виробу);

ступінь пошкодження ЗСЗ (розглядаємо слабкий ступінь пошкодження, коли несправно не більш 10 % ТЕЗ ЗСЗ).

Таким чином, виникає завдання знаходження в явному вигляді, дослідження і мінімізації цільової функції при заданих обмеженнях, що визначаються сучасними специфічними вимогами процесу ТО і ПР ЗСЗ в польових умовах.

При розв'язанні оптимізаційної задачі в якості основного обмеження використовується потрібний час визначення ТС ЗСЗ $T_{вд}$ (задається керівним технічним матеріалом) [64, 65]. Після формування цільової функції здійснюється вибір оптимального розв'язку, що забезпечує виконання завдання при мінімальних або допустимих матеріальних витратах [58-63].

Проведений в п. 1.2 аналіз методів формування вимог до МОБ СРС і встановлені в п. 1.3 основні протиріччя МОБ ЗСЗ України показують, що науковим завданням роботи є удосконалення методів формування вимог до МХ ЗВТ, які використовують під час ТО, ПР та усунення пошкоджень слабого ступеню ЗСЗ в польових умовах на основі методів технічної діагностики для підвищення оперативності та зменшення вартості МОБ при встановленні реального ТС ЗСЗ.

В дисертаційній роботі потрібно вирішити такі взаємопов'язані часткові завдання:

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;

подальший розвиток методу формування вимог до ЗВТ АТЗ різноманітного призначення (рис.1.5) для відновлення працездатності ЗСЗ з аварійними та бойовими пошкодженнями в польових умовах (рис 1.6);

обґрунтування практичних рекомендацій щодо застосування запропонованих методів.



Рисунок 1.5 – Види апаратних технічного забезпечення

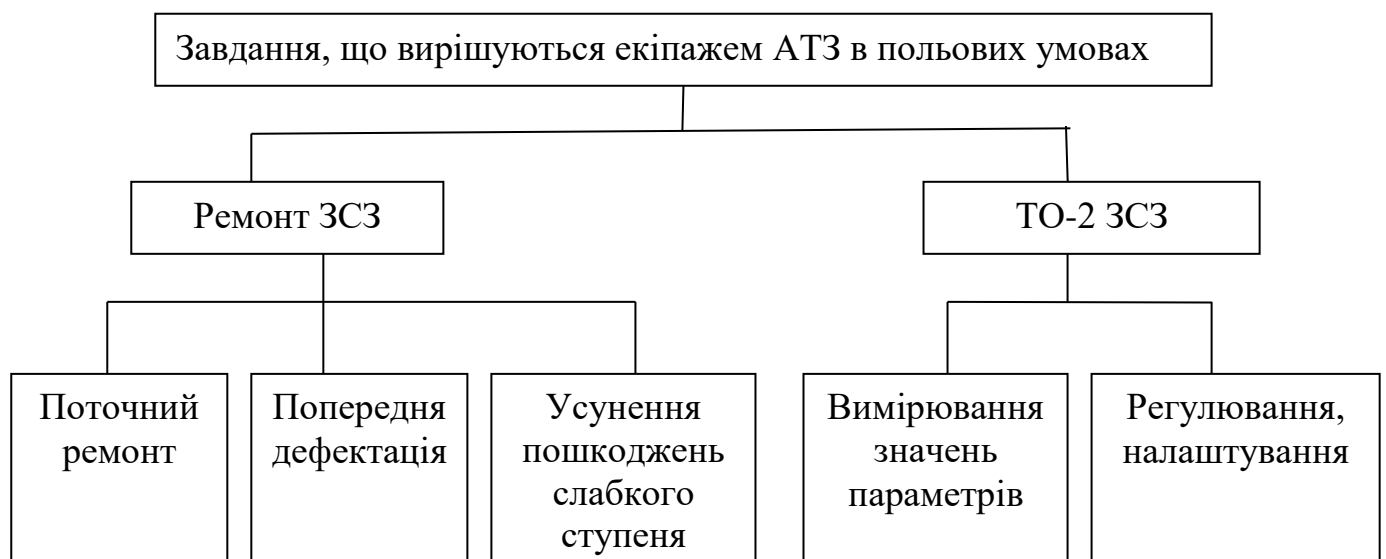


Рисунок 1.6 – Класифікація завдань, що вирішують екіпажі апаратних технічного забезпечення в польових умовах

Для вирішення поставленого в роботі наукового завдання враховано наступні умови і прийнято такі обмеження та припущення:

під час встановлення ТС ЗСЗ використовуються штатні ЗВТ з комплекту АЗ або АТЗ;

вибір параметрів ЗСЗ, що перевіряються, здійснюється із сукупності передбачених технічною документацією;

реалізація ПР ЗСЗ проводиться агрегатним методом;

при наявності помилки в оцінці результату вимірювання параметра несправний елемент повинен знаходитись в агрегаті, що замінюється;

кваліфікація спеціалістів відповідає займаній посаді;

організаційні втрати часу не враховуються;

ЗВТ, які застосовуються, заздалегідь технічно та метрологічно справні;

ЗСЗ, які перевіряються, мають повний комплект технічної документації (технічний опис, інструкцію по експлуатації та всі необхідні схеми);

в процесі визначення ТС ЗСЗ допускається наявність не більше однієї помилки в оцінці результату вимірювання параметра;

порядок вимірювання параметрів ЗСЗ задається УАД будь-якого виду та форми, залежно від умов побудови та використання (табл. 1.3).

Для вирішення сформульованого наукового завдання передбачається використовувати блок-схему алгоритму дослідження, представлену на рис. 1.7.

Наукове завдання дослідження сформульовано у вигляді сукупності самостійних, але в той же час взаємопов'язаних часткових завдань, що дозволяють найбільш повно формалізувати основні напрями забезпечення можливості визначення технічного стану ЗСЗ в процесі їх МОБ.

Таблиця 1.3 – Аналіз способів побудови умовних алгоритмів діагностування

Спосіб	Переваги	Недоліки
По структурі об'єкту методом половінного ділення	Використання діагностичної моделі у вигляді ГІЕЗ без додаткової інформації про об'єкт.	Не враховує ймовірність відмови елементів і трудомісткість перевірок.
По ймовірності переважного вибору перевірок	Мінімізує значення T_B і трудовитрати на діагностування	Вимагає додаткової інформації, ускладнює процес побудови УАД. Ефективне при $L \leq 30$.
По бінарній мінімальній таблиці функцій несправностей (МТФН)	Повна автоматизація процесу побудови УАД оптимальної форми з використанням ЕОМ.	Не враховує ймовірність правильної постановки діагнозу і МС відхилення діагнозу.
По не бінарній МТФН побудова неоднорідних УАД з $m \geq 2$	Побудова УАД оптимальної форми безпосередньо за принциповою схемою об'єкта.	Підвищення вимог до значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки.
Модифікація бінарних УАД з перетворенням в неоднорідні	Скорочення значення T_B , ефективно розміщення і використання військових засобів діагностування (ВЗД).	Високий рівень підготовки фахівця для розробки УАД, підвищення вимог до ЗВТ.



Рисунок 1.7 – Архітектурне рішення наукової задачі дисертаційної роботи

Висновки до розділу

1. Встановлено, що якість виробництва ЗСЗ в Україні, ефективність їх застосування за призначенням багато в чому залежить від стану МОБ. Від ефективного функціонування СМОБ залежить оперативність і достовірність отримання інформації про технічний стан ЗСЗ. Тому, відповідно, сучасний розвиток

ДСУЗ України, вимагає удосконалення і СМОб ЗСЗ. Показано, що СМОб ЗСЗ займає важливе місце в системі експлуатації ЗСЗ, організовуючи зворотний зв'язок між системою управління експлуатацією і ЗСЗ. Тому вдосконалення СМОб ЗСЗ є одним з найважливіших системних напрямків підвищення ефективності та готовності ЗСЗ.

2. Проведено аналіз СМОб ЗСЗ на основі структурно-функціонального підходу та виявлено, що існуюча СМОб не ураховує всіх особливостей ЗСЗ.

3. Проаналізовано відомі методи формування вимог до МОб ЗСЗ, визначено їх основні переваги та недоліки. Встановлено, що відомі методи формування вимог до МОб ЗСЗ не завжди є оптимальними, оскільки не враховують специфіки експлуатації сучасних СРС, особливо це стосується ЗСЗ. Слід відзначити, що удосконалення методів формування вимог до МОб СРС має виконуватись в комплексі, з урахуванням їх взаємного впливу, що дозволить суттєво підвищити ефективність їх МЗ.

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

5. Наукове завдання дослідження сформульовано у вигляді сукупності самостійних, але в той же час взаємопов'язаних часткових завдань, що дозволяють найбільш повно формалізувати основні напрями забезпечення можливості визначення ТС ЗСЗ в процесі її МОб.

Основні результати розділу опубліковано в [3, 4, 10,13, 17, 18, 66-68].

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЯКОСТІ ДІАГНОСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ПОКАЗНИКИ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАСОБІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Технічне забезпечення зв'язку – один із видів технічного забезпечення, який включає комплекс організаційно-технічних заходів і дій з поліпшення до встановлених норм техніки і майна зв'язку, своєчасного забезпечення підрозділів урядового зв'язку, збереження та підтримання їх у стані, що забезпечує своєчасне приведення в готовність до використання за призначенням, а також своєчасного відновлення при пошкодженнях, поповненні втрат ЗСЗ у ході бойових дій і повсякденній діяльності. Діагностичне забезпечення (ДЗ) і МОБ ЗСЗ є важливою складовою технічного забезпечення урядового зв'язку.

ЗВТ використовують під час визначення ТС ЗСЗ в процесі їх ТО, ПР, а також усунення аварійних або бойових пошкоджень в польових умовах екіпажами АЗ і АТЗ (рис. 1.6). В цих випадках необхідно за встановлений час з мінімальною вартістю ЗВТ відновити працездатність ЗСЗ як в стаціонарних, так і в польових умовах. Показники якості МОБ ЗСЗ суттєво залежать від ДЗ, алгоритмів і процедур, які використовують фахівці ремонтних органів під час пошуку дефектів (УАД, ГПД, УПП).

Досвід організації технічного забезпечення систем спеціального зв'язку передових країн світу показує доцільність удосконалення ДЗ і МОБ ЗСЗ для реалізації їх відновлення в польових умовах. Наприклад, в армії США для цього використовують базову майстерню BSTF і зовнішні засоби контролю CTS на базі ЕОМ. Під час діагностування автоматизація процесу ґрунтується на штучному інтелекті з використанням бази знань, яка враховує досвід ремонту і діалоговий режим роботи з оператором по програмі у вигляді дерева логічних станів об'єкта. У майстернях BSTF використовується до 875 комплектів діагностичних програм. Кількість типів ЗВТ пропонується зменшити до 65. У цілому в армії США використовують більш 3000 діагностичних програм, що забезпечує швидкий пошук

несправних модулів і скорочує час ремонту агрегатним методом [59, 60, 93, 99, 105]. Це підтверджує актуальність і доцільність подальших досліджень в напрямку удосконалення ДЗ і МОБ в ДСУЗ України.

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

2.1. Формування вимог до метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку з використанням їх надлишковості під час поточного ремонту

Аналіз сучасної науково-технічної літератури з теорії надійності, технічної експлуатації й діагностики складних об'єктів і систем, а також особливостей схемної й конструктивної побудови ЗСЗ, показує, що до перспективних напрямків підвищення показників експлуатаційної надійності відноситься використання різних видів надлишковості в інтересах забезпечення необхідного рівня ремонтпридатності й безвідмовності [69-75]. Під надлишковістю, у загальному випадку, розуміють додаткові засоби й (або) можливості більш, ніж необхідні для виконання об'єктом заданих функцій [72].

Мета підрозділу – обґрунтування мінімально необхідних вимог до ЗВТ, які використовують під час ПР ЗСЗ, з врахуванням при розробці їх ДЗ всіх видів надлишковості при забезпеченні потрібного значення часу відновлення працездатності ($T_{вд}$).

Сучасним ЗСЗ притаманні наступні види надлишковості, використання яких знижує середній час діагностування [76].

Конструктивна надлишковість – компонування елементів в конструктивні одиниці для можливості реалізації ремонту ЗСЗ агрегатним методом із використанням процедур пробних заміщень і сумісного групового пошуку дефектів в об'єктах модульної конструкції для забезпечення $T_{вд}$ за рахунок зменшення глибини пошуку до ТЕЗ і їхнього включення до складу ЗІП.

Часова надлишковість – можливість підвищення достовірності діагнозу за рахунок повторного виконання частини перших перевірок діагностичних параметрів за умови, що час відновлення працездатності ЗСЗ не перевищує припустимого значення $T_{вд}$.

Структурна надлишковість – можливість скорочення простору пошуку (частини внутрішніх перевірок) і підвищення достовірності діагнозу без зменшення необхідної глибини пошуку дефектів за рахунок використання при розробці ДЗ додаткових відомостей про структуру ЗСЗ (багато вихідні, наявність бінарних моноїдів і дивергуючих структур [69]).

Функціональна надлишковість – можливість виконання ЗСЗ заданих функцій різними способами зі зниженням якості й ефективності (характерно для багатофункціональних і багаторежимних ЗСЗ [69, 77]).

Інформаційна надлишковість – можливість скорочення часу діагностувати при обробці інформації з використанням кодів, що виявляють і виправляють помилки результатів оцінки діагностичних параметрів.

Особливості розробки ДЗ ЗСЗ з використанням всіх видів надлишковості зведені в табл. 2.1 [76-79], де додатково використані наступні позначення:

Таблиця 2.1 – Особливості розробки діагностичного забезпечення з використанням надлишковості засобів спеціального зв'язку

Вид надлишковості	Діагностичні моделі	Алгоритми діагностування	Діагностичні процедури
Конструктивна	ГІЕЗ	Бінарні й групові УАД	Процедури пробних заміщень і сумісного пошуку дефектів
Часова	ГІЕЗ	Бінарні й неоднорідні УАД	Повторне виконання частини перших перевірок параметрів
Структурна	МТФН, ГІЕЗ	Бінарні й неоднорідні УАД	Метод модифікації бінарних УАД
Функціональна	ТММ, ГІЕЗ	Граф-схемне подання УАД	Метод перемикань
Інформаційна	ТФН, ГІЕЗ	Безумовний з безумовною зупинкою АД, неоднорідні й групові УАД	Коди, що виправляють помилки, усічена процедура пошуку, енергостатичний метод, модифікація УАД

ГІЕЗ – граф інформаційно-енергетичних зв'язків;

МТФН – мінімальна таблиця функцій несправностей;

ТММ – теоретико-множинна модель.

Під час ПР ЗСЗ агрегатним методом необхідно виконання двох умов [69, 76-81]:

середній час відновлення не перевищує припустимого значення $T_{вд} \leq T_{вд}$;

МС відхилення діагнозу від істинного значення при одній помилці фахівця в оцінці значення діагностичного параметра $\rho \leq 0,5$ (що необхідно для знаходження несправного елемента в ТЕЗ, який замінюється).

В роботах [76, 80, 81] отримано функціональні залежності $T_{вд}$ і ρ від керованих змінних під час розробки ДЗ ЗСЗ , які наведено в таблиці 2.2, де:

l – кількість елементів в ТЕЗ;

Z – кількість елементів ЗСЗ;

L –кількість ТЕЗ в ЗСЗ;

P – ймовірність правильної постановки діагнозу;

M – максимальне значення модуля вибору УАД.

Таблиця 2.2 – Показники якості діагностичного забезпечення

Вид надлишковості U	Особливості УАД	P	$T_{вд}$	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	$p_1^{K_1} p_2^{K_2}$	$\frac{K_1 t_1 + K_2 t_2 + t_y}{P}$	$0,5 \left[(1-p_1) p_1^{K_1-1} p_2^{K_2} \sum_{i=1}^{K_1} (1+(M-i)!) + p_1^{K_1} (1-p_2) p_2^{K_2-1} \sum_{i=1+K_1}^{K_1+K_2} (1+(M-i)!) \right]$

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.

В такому випадку блок-схема алгоритму мінімізації p при обмеженнях $T_v \leq T_{v\partial}$ і $\rho \leq 0,5$ для різних варіантів використання надлишковості ЗСЗ під час розробки ДЗ приведено на рис.2.1, де U – вид надлишковості.

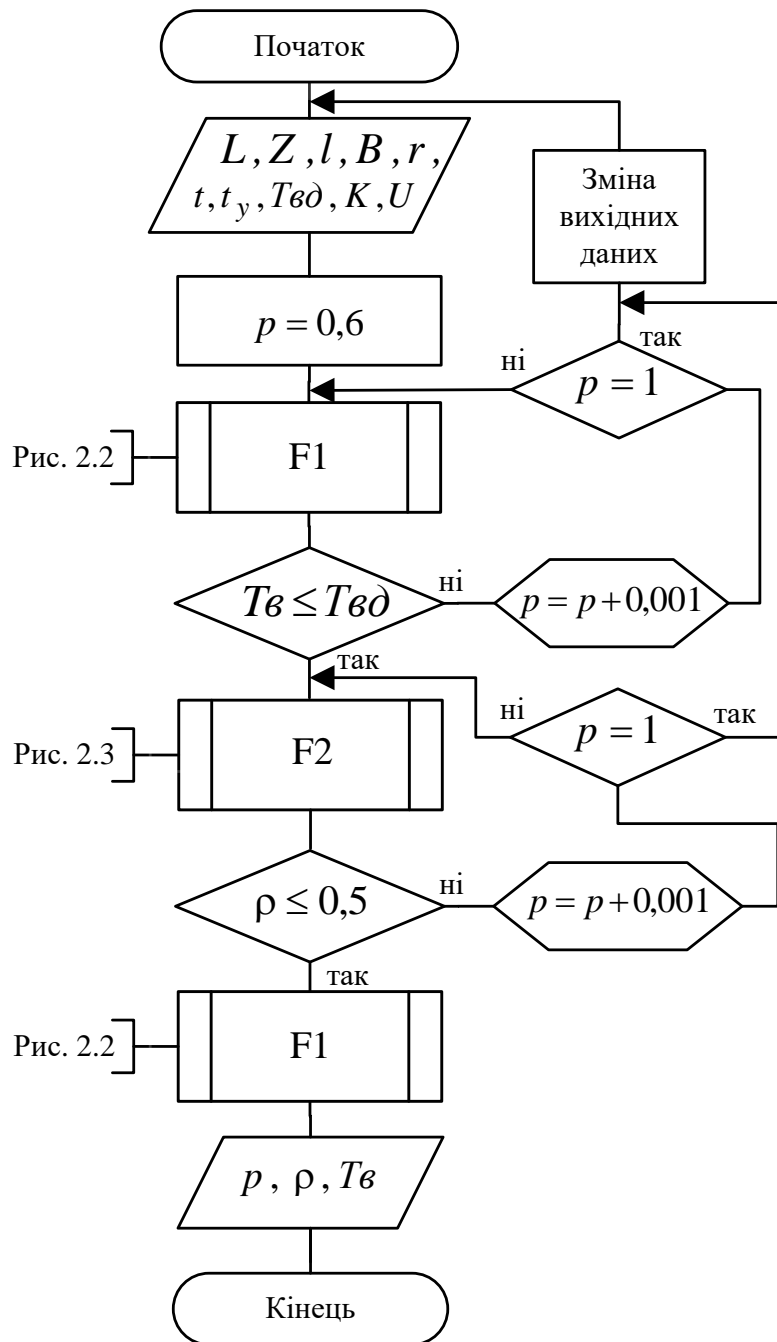


Рисунок 2.1 – Блок-схема алгоритму розрахунку мінімально припустимого значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки

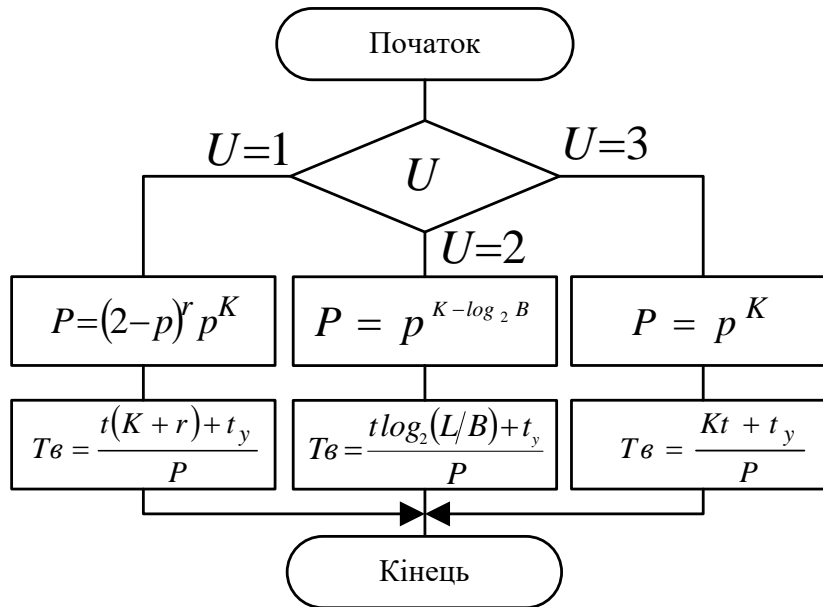


Рисунок 2.2 – Функція F1 «Розрахунок середнього часу відновлення»

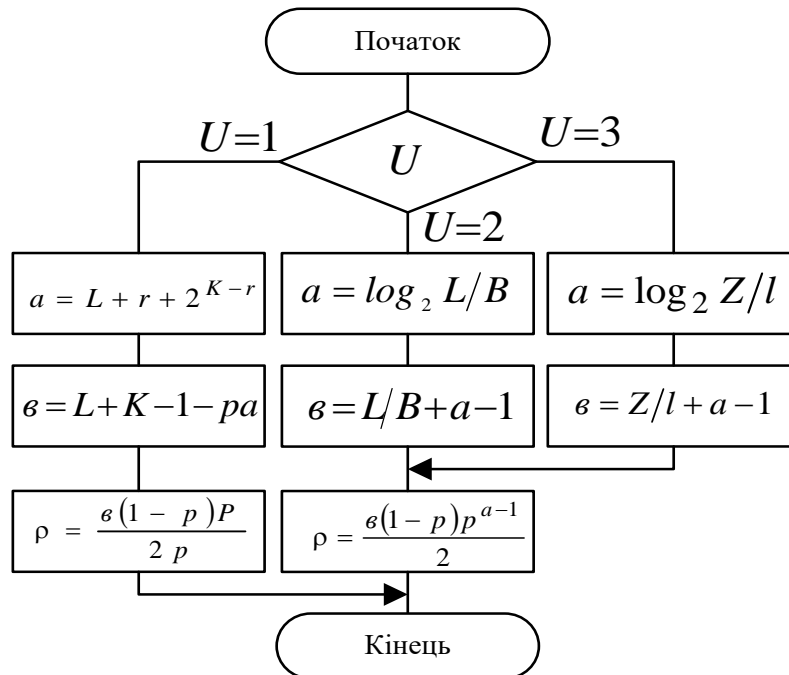


Рисунок 2.3 – Функція F2 «Розрахунок математичного сподівання відхилення діагнозу»

У випадках використання інформаційної або структурної надлишковості ЗСЗ ($U=4$) під час діагностування використовується модифікований неоднорідний УАД з убаванням 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 ρ_2 знаходиться за допомогою блок-схеми алгоритму рис. 2.4.

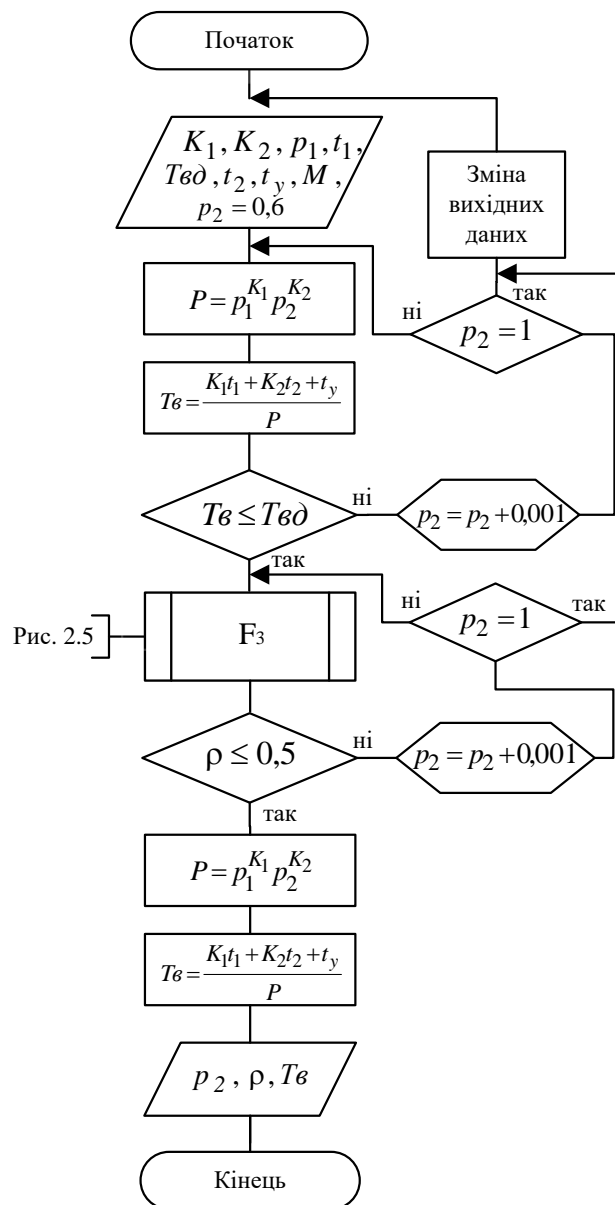


Рисунок 2.4 – Блок-схема алгоритму розрахунку мінімально припустимого значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки зовнішніми засобами вимірювань

В підрозділі показано, що використання всіх видів надлишковості ЗСЗ суттєво скорочує час визначення їх технічного стану і відновлення працездатності.

Запропоновані нові алгоритми розрахунку вимог до ЗВ, які використовують в ДЗ ЗСЗ, що мінімізує їх вартість.

Отримані результати доцільно використовувати під час розробки методик МОБ модернізованих і перспективних зразків ЗСЗ, що мінімізує вартість технологічного обладнання ремонтних органів при виконанні вимог до показників якості ПР ($Tв \leq Tвδ$ і $\rho \leq 0,5$).

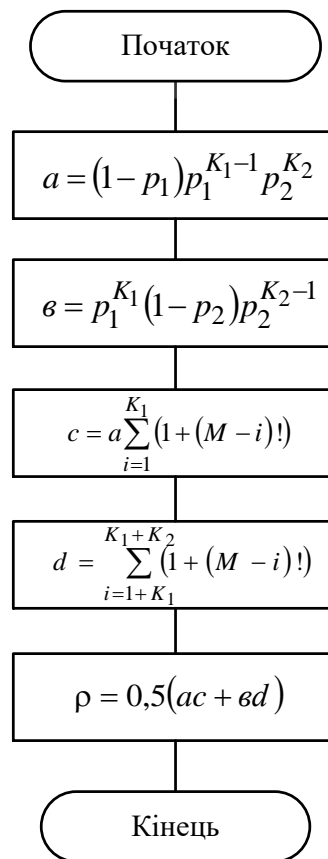


Рисунок 2.5 – Функція F3 «Розрахунок математичного сподівання відхилення діагнозу».

2.2. Формування вимог до засобів вимірювань діагностичних параметрів апаратних зв'язку під час технічного обслуговування і поточного ремонту

Апаратні польових вузлів зв'язку складаються з тисяч елементів і відносяться до об'єктів великої розмірності, ТО і ПР яких виконується екіпажами із залученням фахівців ремонтних органів з АТЗ. У цих випадках визначення технічного стану об'єктів здійснюється групою фахівців за УАД. При ТО за станом, що пропонується керівними документами [34], в заданій послідовності перевіряється значення діагностичних параметрів і при їх відхиленні від норми виконується пошук дефектів з подальшим усуненням несправності. При цьому реалізуються різні види ГПД по УАД [69, 83-90].

У відомих роботах вирішуються завдання підвищення ефективності діяльності екіпажів в процесі встановлення реального ТС АЗ.

Мета підрозділу – формування вимог до ЗВТ зі складу апаратних зв'язку та АТЗ за критерієм мінімуму їх вартості при обмеженнях на час визначення технічного стану.

Відповідно до прийнятих принципів побудови системи ремонту ЗСЗ і ВТЗ виробничою базою ремонтних органів в польових умовах є АТЗ, які призначені для виконання вимірювання параметрів в обсязі ТО-2, проведення ПР, усунення пошкоджень слабкого ступеня з необхідною якістю за встановлений час. Різноманітність існуючого парку ЗСЗ, які відрізняються схемною і конструктивною побудовою, веде до розширення номенклатури АТЗ унаслідок їх вузької спеціалізації (табл.2.3). Виконання всього комплексу робіт потребує оцінки ТС ЗСЗ з інструментальною перевіркою значень МХ, для цього використовують універсальні і спеціалізовані ЗВТ (табл. 2.4).

Відомо, що вартість ЗВТ визначається класом точності аналогових або кількістю розрядів цифрових приладів, які, в свою чергу, залежать від мінімального значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки (p) [91, 92].

У практиці ТО і ПР АЗ знаходять застосування всі види ГПД (рис. 2.6) [69, 83-90]:

незалежний (НГПД) – при ТО АЗ та ПР різних типів технічних об'єктів в універсальних АТЗ;

спільний (СГПД) – при ПР об'єктів великої розмірності з просторово рознесеними елементами;

зонний (ЗГПД) – при ремонті однотипних об'єктів модульної конструкції в спеціалізованих АТЗ.

Цільова функція завдання приймає вид

$$p(X) = \min_{X^* \in \Delta} p(X^*) \text{ при } T_v \leq T_{вд}, \rho \leq 0,5;$$

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

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

Δ – область допустимих значень зміни параметрів.

Таблиця 2.3 – Характеристика основних типів апаратних технічного забезпечення

Тип АТЗ	Види ВТЗ, яка обслуговується	Екіпаж
АТО-2	Радіостанції середньої та великої потужності.	4
АТО-4	Радіостанції тактичної ланки управління.	4
АТО-5	Радіорелейні станції Р-404.	8
АТО-6	Радіорелейні станції Р-404М, Р-405М, Р-403.	5
АТО-7	Радіорелейні станції Р-414, Азід-1 і радіостанції Р-130М, Р-105М.	5
АТО-13	Тропосферні станції Р-410.	6
АТО-14	Тропосферні станції Р-412.	4
АТО-18	Телефонна і телеграфна апаратура.	4
АТО-23	Радіостанції середньої потужності, малоканалні радіорелейні станції.	5
АТО-24	Радіоприймачі і радіостанції тактичної ланки управління.	5
АТО-25	Апаратура систем передавання з частотним розподілом каналів.	5
АТО-26	Бензоелектричні агрегати.	7
АТО-28	Лужні акумулятори.	2
АТО-30	Радіоприймачі, радіостанції тактичної ланки управління, малоканалні радіорелейні станції, телефонна і телеграфна апаратура, пристрої електроживлення.	5

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 (табл. 1.2).

Таблиця 2.4 – Засоби вимірювальної техніки апаратних технічного забезпечення

Тип АТЗ	Ремонтний фонд	Осцилограф	Вольтметр	Частотомір	Генератор	Тестер	Інші ЗВТ
АТО-2	Р-140, Р-137	С1-64	В7-27А В3-57	ЧЗ-54	Г4-73 Г3-111	Ц-4340	ЭТИ-69
АТО-7	Р-414, Р-404	С1-94 С1-65А	В7-27А	ЧЗ-54	Г4-75 Г4-78 Г3-102А	Ц-4340	Х1-47, СКЗ-43
АТО-17	П-270, П-296					Ц-4353	ГС-300, СИУ-300, ИКП-300, ПКП-4, Е7-11, УПУ-10, Р5-10, П-324, ИАСИ-78
К-9	Р-444, К-5, Р-423, К-6	С1-65А	В3-56, В7-36	ЧЗ-54	Г4-76А Г4-107 Г3-118	Ц-4317	М-416, М-4100, М3-56, П-323ИШ
Д-М2	П-302, П-303, П-304		В7-20	ЧЗ-36		Ц-4312	П-321, П-323, Р-5025, МСР-63, М-4100, П2-23
АТО-30	Найбільш масові зразки ЗСЗ	С1-67	В3-41, ВУ-15, В3-44	ЧЗ-38	Г4-116 Г4-102А Г3-106	Ц-4353	Б2-1, СКЗ-26, Б5-10, ВК-2, ЭТИ- 69, П-321, М4100/3, П2-54, ПЗ-3, М3-600
АТО-6	Р-404М, Р-405М, Р-409, Р-105М	С1-65, С6-1А	В3-41	ЧЗ-38	Г4-78, Г4-79, Г4-107, Г4-112, Г3-102	Ц-4315	М3-1А

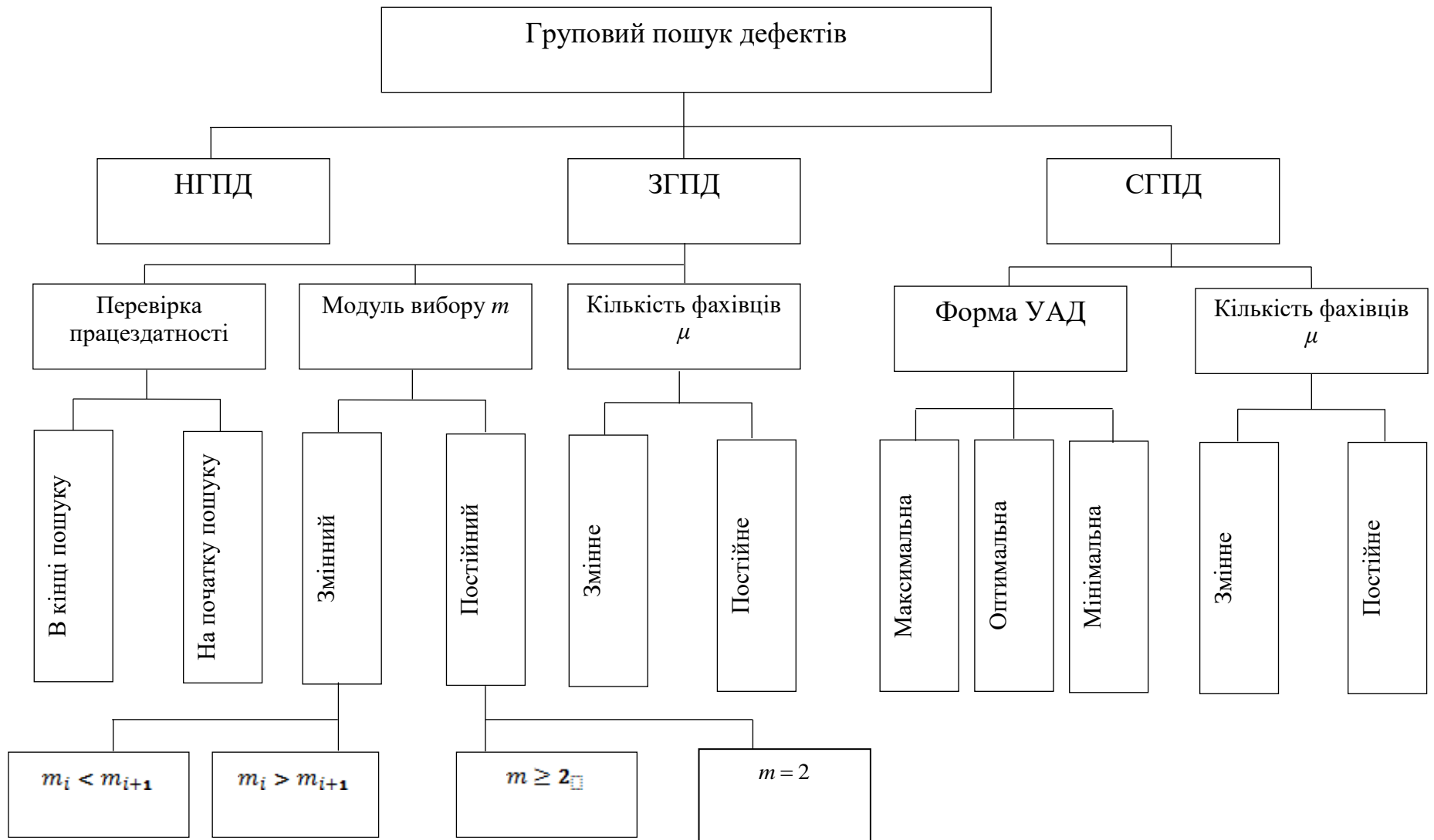


Рисунок 2.6 – Класифікація умовних алгоритмів групового пошуку дефектів

Допущення при вирішенні завдання відповідають умовам функціонування військових ремонтних органів:

розглядається найгірший з точки зору діагностування випадок рівномірного розподілу дефектів в об'єкті;

при діагностуванні нових дефектів в об'єкті не виникає;

організаційні витрати часу не враховуються;

кваліфікація фахівців відповідає посаді;

при оцінці стану об'єкта допускається можливість не більше однієї помилки в оцінці результату виконання перевірки.

Принципова відмінність ЗГПД і СГПД полягає в тому, що в першому випадку помилка шукача збільшує трудовитрати тільки для нього і не впливає на якість роботи інших, а в другому випадку помилка одного впливає на результат роботи всіх і збільшує загальні трудовитрати. Крім того, СГПД не залежить від розподілу засобу або апаратної спеціального зв'язку на конструктивні одиниці.

Незалежний ГПД використовують, наприклад, при ТО радіостанцій середньої потужності (Р-140, Р-161 та інших), коли фахівці незалежно один від одного перевіряють параметри радіоприймача, збуджувача, електроживлення та інших підсистем АЗ. У цих випадках кожен фахівець працює на певній ділянці зі своїми ЗВТ, перевіряючи параметри за бінарним або однорідним УАД. Тоді при рівномірному завантаженні фахівців можна вважати, що фахівець перевіряє підмножину з L/μ елементів і роботи по ТО або ПР завершуються одночасно. При цьому [83-87]

$$T_e = \frac{Kt + t_y}{p^K} \leq T_{e\delta},$$

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

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

З першої нерівності випливає, що з врахуванням МН ЗВТ

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

З урахуванням виконання обмежень на умови реалізації ПР агрегатним методом на рис. 2.7 приведена блок-схема алгоритму знаходження мінімально необхідного значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки.

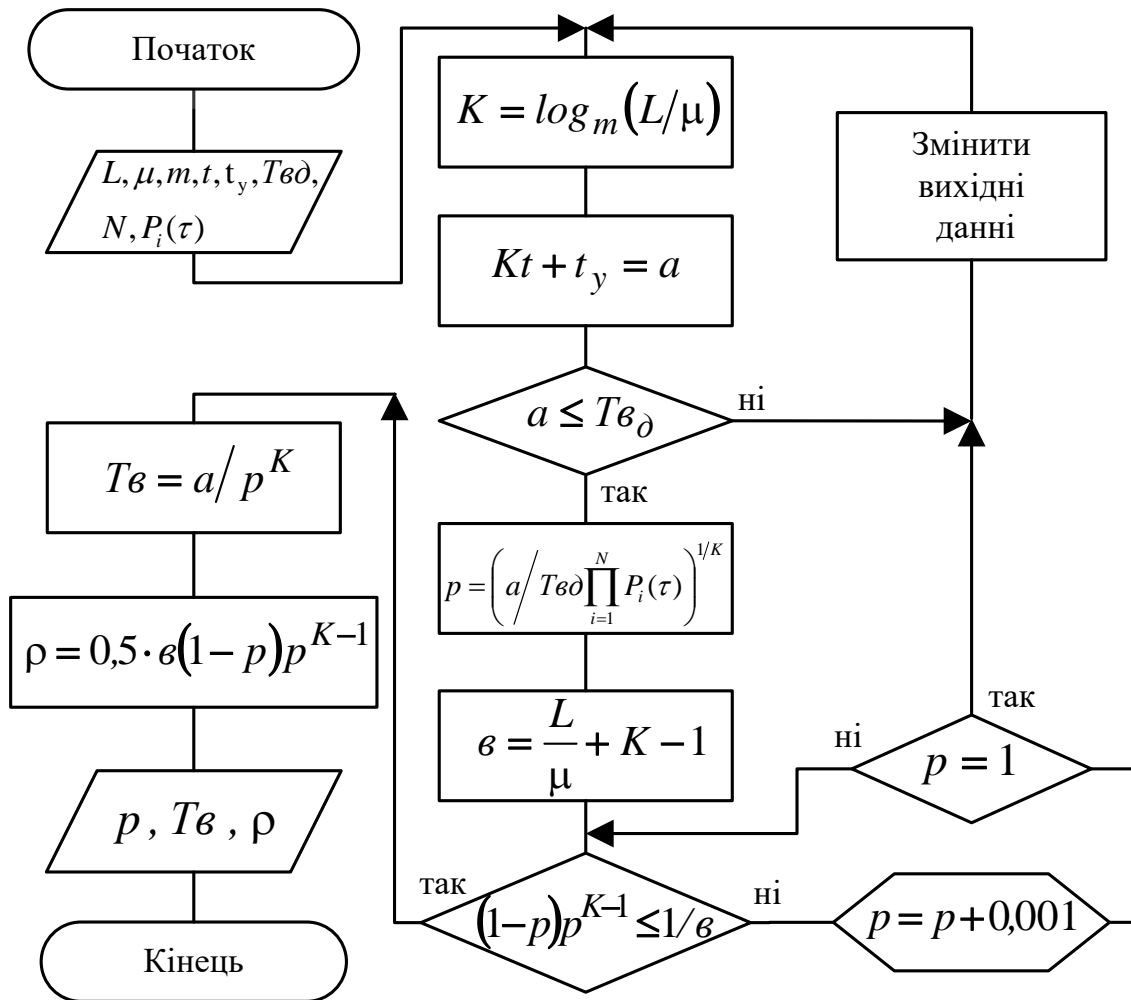
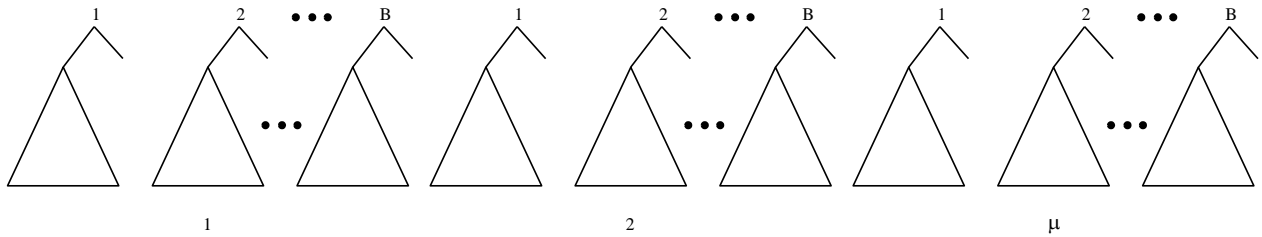


Рисунок 2.7 – Блок-схема алгоритму знаходження мінімально необхідного значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки при незалежному груповому пошуку дефектів

У разі реалізації ЗГПД при ПР АЗ кожен фахівець також аналізує стан L/μ елементів, які поділяються на B блоків або ТЕЗ. Спочатку перевіряється працездатність блоку i в разі його несправності здійснюється перехід до перевірки

наступного. При відхиленні параметрів від норми виконується пошук дефекту в підмножині з $L/\mu B$ елементів з реалізацією $K = \log_m(L/\mu B)$ перевірок, що менше, ніж



при НГПД (рис. 2.8).

Рисунок 2.8 – Зонний пошук дефектів при поточному ремонті

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

$$K = B\mu + k; \quad k = 1 + \log_m\left(\frac{L}{\mu B}\right),$$

де k – кількість перевірок в несправному блоці.

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

$$T_{\theta} = \frac{(B\mu + k)t + t_y}{p^k \prod_{i=1}^N P_i(\tau)} \leq T_{\theta\delta}.$$

Друга умова реалізації ПР агрегатним методом приймає вигляд

$$\rho = 0,5 \left(\frac{L}{MB} + k - 1 \right) \cdot (1 - p) p^{k-1} \leq 0,5;$$

звідки слідує умова існування рішення

$$\left(\frac{L}{B\mu} + k - 1 \right) \leq \frac{1}{(1 - p) p^{k-1}}.$$

Блок-схема алгоритму знаходження мінімально необхідного значення p при ЗГПД приведена на рис. 2.9.

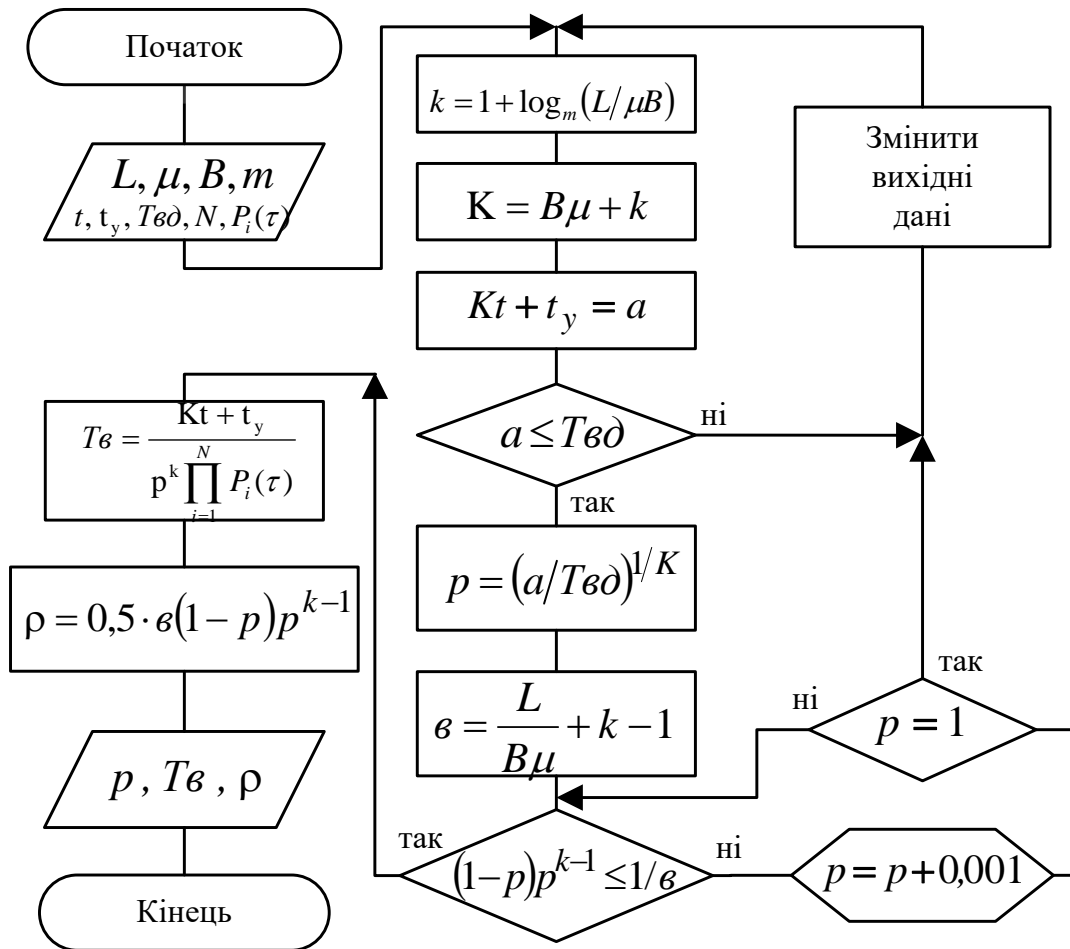


Рисунок 2.9 – Блок-схема алгоритму знаходження мінімально необхідного значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки при зонному груповому пошуку дефектів

У роботах [91, 92] досліджено СГПД і отримані наступні функціональні залежності

$$Tв = \frac{Kt + t_y}{p^{\mu K}} \leq Tв\delta;$$

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

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

По першій нерівності рішення існує, якщо з врахуванням МН ЗВТ

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

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

2.10.

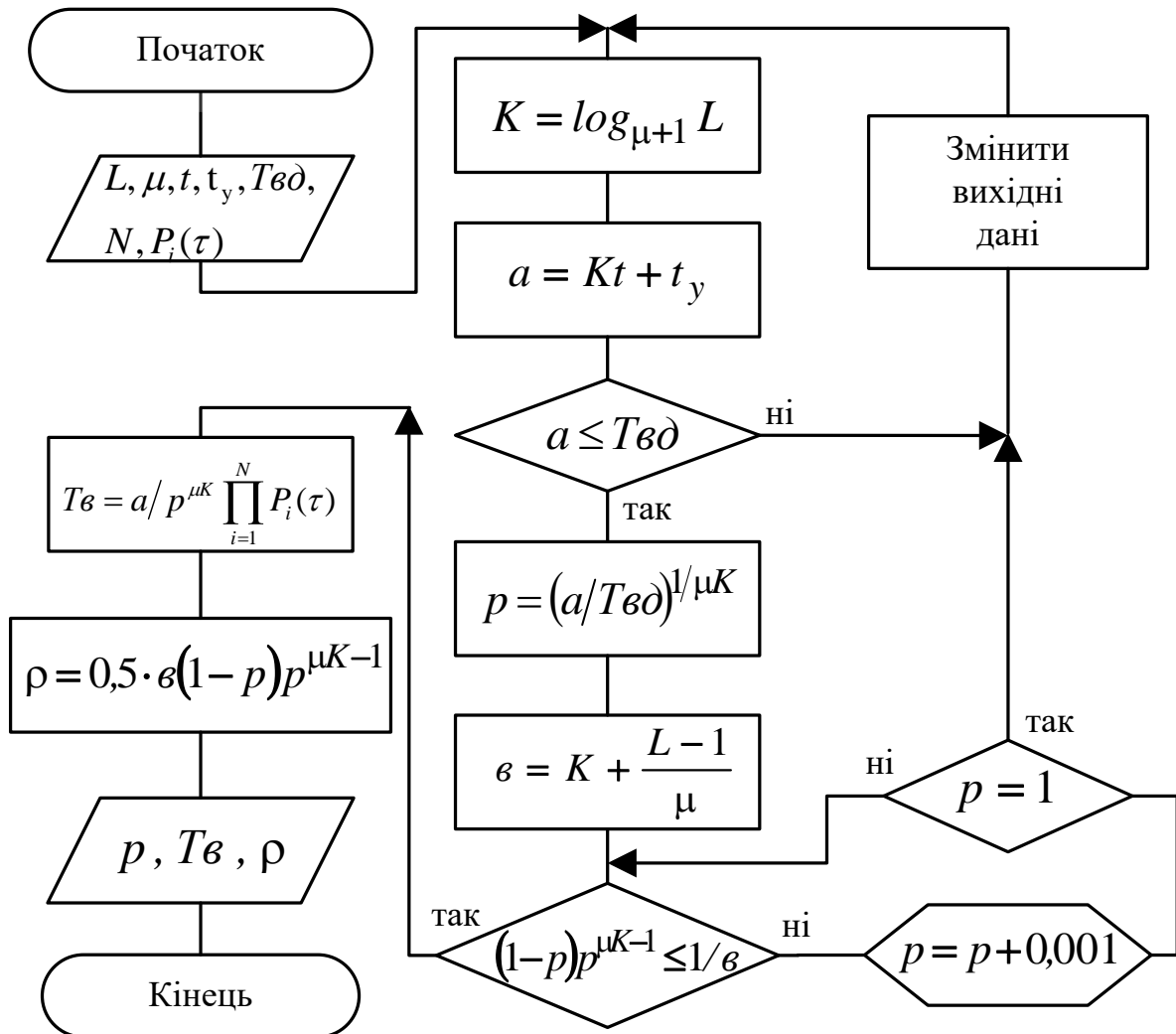


Рисунок 2.10 – Блок-схема алгоритму знаходження мінімально необхідного значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки при спільному груповому пошуку дефекту

Таким чином, в підрозділі розглянуті можливі види взаємодії групи фахівців під час ТО і ПР АЗ, а також отримані функціональні залежності середнього часу оцінки ТС об'єкта (T_ϵ) і кількісної оцінки діагностичних помилок (ρ).

Запропоновані блок-схеми алгоритмів знаходження мінімально необхідного значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки.

Отримані результати доцільно використовувати при обґрунтуванні МХ ЗВТ для комплектування АЗ та АТЗ.

2.3. Оцінка достовірності діагностування засобів спеціального зв'язку з аварійними та бойовими пошкодженнями

Достовірність діагностування, яка кількісно оцінюється ймовірністю правильної постановки діагнозу (P) і МС відхилення діагнозу від істинного значення по УАД при одній помилковій оцінці результату виконання перевірки ремонтником, істотно впливає на середній час відновлення ($T_{в}$)ЗСЗ.

У роботах [69, 93-96] отримані і досліджені функціональні залежності кількісної оцінки достовірності діагностування при пошуку дефектів за УАД мінімальної форми від їх показників якості під час ПР ЗСЗ при наявності в об'єкті тільки одного несправного елемента ($Q = 1$). В роботі [97] розглянуто можливі підходи до оцінки достовірності діагностування об'єктів з кратними ($Q > 1$) дефектами з використанням УПП [98, 99] під час відновлення ЗСЗ з аварійними та бойовими пошкодженнями.

Мета підрозділу – отримання та дослідження функціональних залежностей оцінки достовірності діагностування ЗСЗ від керованих змінних (показників якості УАД) під час усунення кратних дефектів ЗСЗ з аварійними та бойовими пошкодженнями для обґрунтування вимог щодо їх МОБ.

У мирний час кратні дефекти в ЗСЗ виникають переважно в надзвичайних ситуаціях у результаті впливу техногенних факторів, несприятливих фізико-кліматичних умов, а також з причини неадекватних дій обслуговуючого персоналу в стресовому стані при порушенні правил експлуатації. У подібних випадках ЗСЗ отримують множинні пошкодження, методи усунення яких за критерієм мінімуму $T_{в}$ досліджені недостатньо повно, що викликає необхідність наукового аналізу технології відновлення і обґрунтування рекомендацій щодо підвищення ремонтпридатності об'єктів з кратними дефектами і підвищення ефективності їх МОБ [98-100].

В даний час при локалізації кратних дефектів рекомендується використовувати УПП, яка полягає в скороченні простору пошуку в процесі виявлення дефектів і усунення викликаних ними несправностей [93, 94, 98, 99]. В

результаті дефектації після усунення явних дефектів, частка яких становить до 90% від їх загальної кількості, визначається ступінь пошкодження ЗСЗ і прогнозована кількість прихованих дефектів Q , для пошуку яких необхідно використовувати УАД спеціальної форми і УПП [101-105].

Для реалізації УПП об'єкт поділяється на Q груп елементів, причому в першу чергу перевіряється і відновлюється підсистема електроспоживання, потім підсистема управління функціонуванням і генераторне обладнання формування сигналів, потім підсистеми і блоки в порядку проходження енергії та інформації. Якщо ЗСЗ складаються з L ТЕЗ, з глибиною до яких здійснюється пошук дефектів при ремонті агрегатним методом, то кожна група містить по L/Q ТЕЗ і в гіршому з позиції діагностування випадку – при рівномірному розподілі дефектів в об'єкті – по одному з них. Нехай об'єкт поділяється на рівновеликі групи ТЕЗ $l_i = l = L/Q$ і перевірка діагностичних параметрів виконуються одним ЗВТ, тоді ймовірність правильної оцінки результату виконання перевірки j буде постійна $p_j = p$ і при пошуку дефектів в групі за бінарним УАД мінімальної форми $1 \leq j \leq K_i = \log_2(L/Q)$ (рис. 2.11).

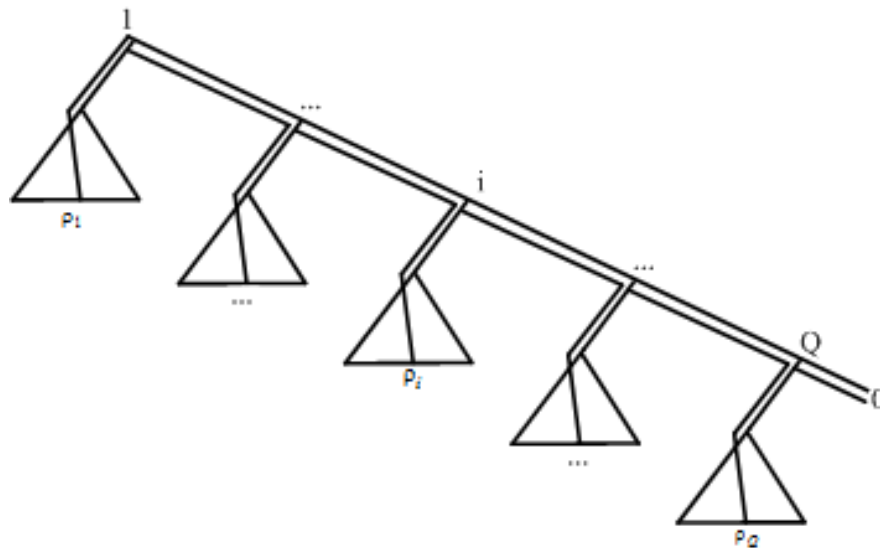


Рисунок 2.11 – Умовний алгоритм діагностування об'єкта з усіченою процедурою пошуку кратних дефектів

Тоді ймовірність правильного виявлення дефекту $i = \overline{1, Q}$ буде дорівнювати p^{1+K_i} , так як кожна група елементів перевіряється двічі з урахуванням можливості

наявності в групі більше одного дефекту, де K_i – середня кількість перевірок при локалізації дефекту в групі i , ρ_i – МС відхилення діагнозу в групі i , причому за умови ремонту агрегатним методом $\rho_i \leq 0,5$ [96].

У загальному випадку ймовірність безпомилкового виявлення всіх дефектів в об'єкті дорівнює

$$P(p_i \neq p, l_i \neq l) = p_i^{2Q} \prod_{i=1}^Q p_i^{K_i},$$

або за умови наявності рівновеликих груп елементів і використання тільки одного типу вимірювальної техніки

$$P(p_i = p, l_i = l) = p^{Q(2+K)},$$

де $K = \log_2 l = \log_2(L/Q)$.

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

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

Оскільки $0 < p < 1$, то значення $P(p, l)$ убуває зі збільшенням кратності дефектів Q (рис. 2.12) або розмірності групи елементів (рис. 2.13), а також з погіршенням метрологічних характеристик ЗВТ в усіх випадках.

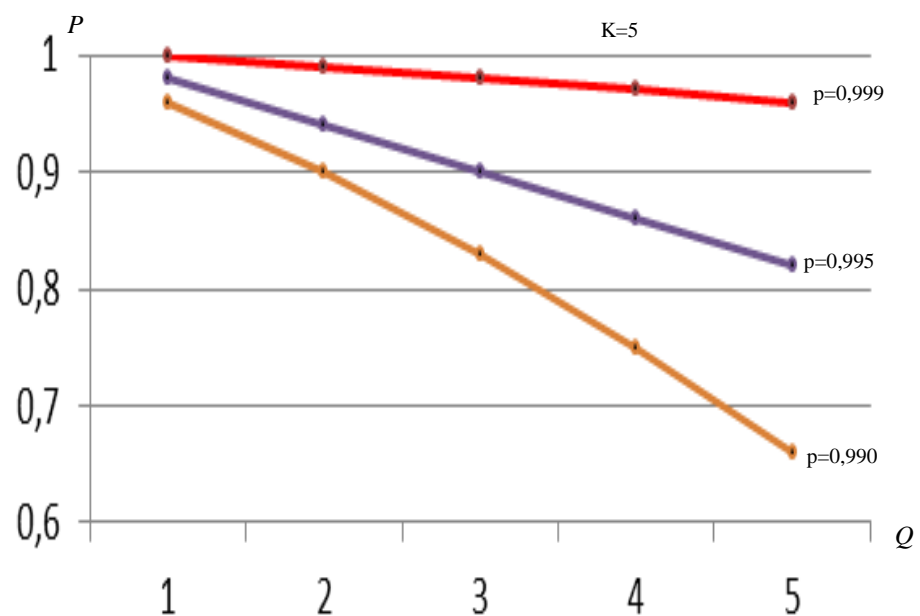


Рисунок 2.12 – Залежності ймовірності правильного знаходження всіх дефектів від їх кількості в об'єкті

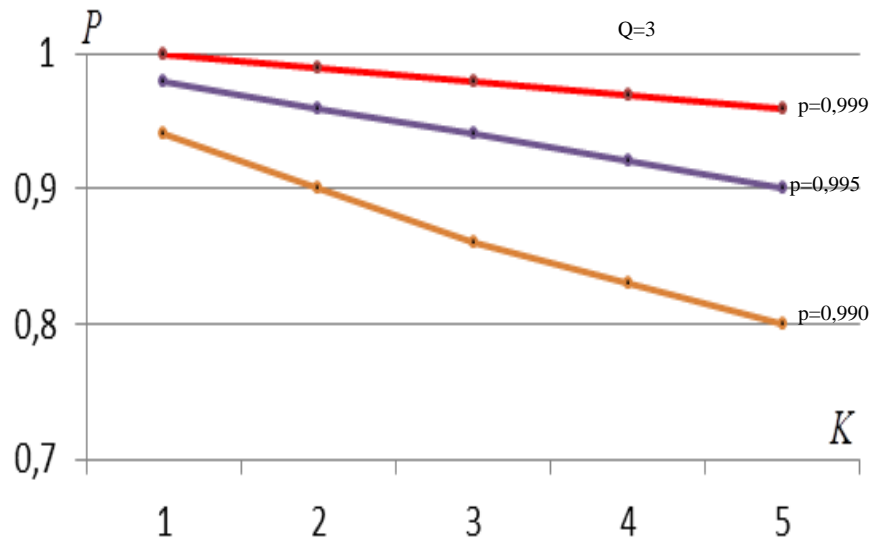


Рисунок 2.13 – Залежності ймовірності правильного знаходження всіх дефектів від розмірності груп елементів

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

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

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

Для наведеного на рис. 2.11 УАД з застосуванням УПП отримаємо

$$K_{\Sigma}(Q) = Q(2 + \log_2(L/Q))$$

і після підстановки в попередню нерівність можна обґрунтувати вимоги до засобів вимірювання:

$$p \geq \left[\frac{t K_{\Sigma}(Q) + t_y Q}{T_{вд}(Q)} \right]^{\frac{1}{Q(2+K)}} = \left[\frac{Q(t(2 + \log_2(L/Q)) + t_y)}{T_{вд}(Q)} \right]^{\frac{1}{Q(2+K)}}.$$

Рішення існує, якщо $p < 1$, тобто:

$$Q(t(2 + \log_2(L/Q)) + t_y) < T_{вд}(Q).$$

При використанні високоточних мікропроцесорних цифрових ЗВТ і
наближеного виразу для оцінки $P(p, l)$ отримуємо 81

$$p \geq 1 - \frac{T_{вд}(Q) - Q(t(2 + \log_2(L/Q)) + t_y)}{QT_{вд}(Q)(2 + \log_2(L/Q))}$$

і рішення існує при тій самій умові.

У військових ремонтних органах реалізується відновлення ЗСЗ зі слабким ступенем пошкодження $Q < 0,1L$ [83-85], при цьому

$$p \geq \left[\frac{0,1L(5,4t + t_y)}{T_{вд}(Q=0,1L) \prod_{i=1}^N P_i(\tau)} \right]^{\frac{1}{3,4(2+K)}}$$

без урахування усунення явних пошкоджень. Наприклад, при $L = 32$, $t = 2$ хв., $t_y = 3$ хв., $T_{вд} = 50$ хв., $Q = 3$ отримуємо $p \geq 0,988$, що показує можливість використання цифрових ЗВТ.

Розглянемо передумови реалізації іншого обмеження для ремонту ЗСЗ агрегатним методом: $\rho \leq 0,5$. Оскільки перевірка працездатності кожної групи елементів здійснюється двічі (рис. 2.11), то ймовірність помилки при цьому мізерно мала і МС значення діагностичної помилки визначається як середньоарифметичне для всіх груп елементів

$$\rho = \frac{1}{Q} \sum_{i=1}^Q \rho_i(l_i),$$

де для рівновеликих груп елементів [76]

$$\rho_i(l, p) = 0,5(l + \log_2 l - 1)(1 - p)p^{\log_2 l - 1} = \rho.$$

Так, для наведеного прикладу отримуємо $\rho = 0,0785$, що достатньо (рис. 2.14).

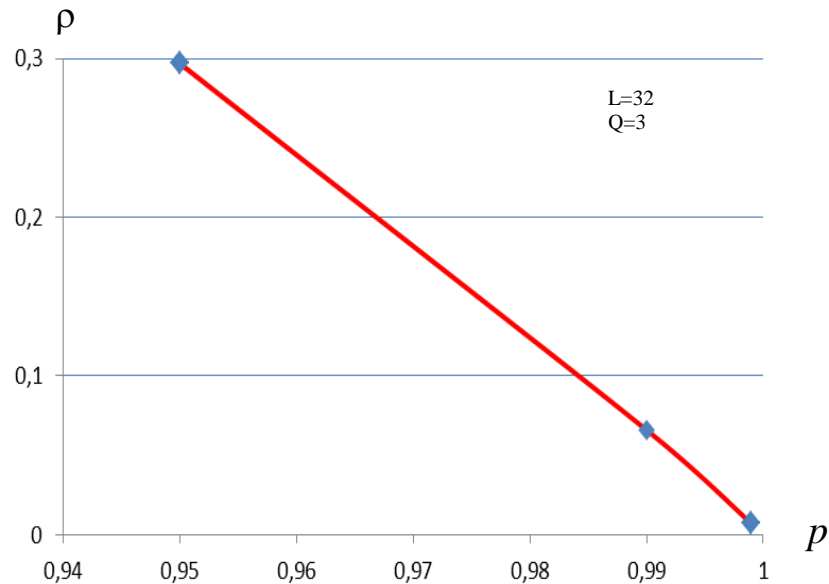


Рисунок 2.14 – Залежність значення діагностичних помилок від ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки

Для орієнтовної оцінки при $p \geq 0,995$ можна використовувати наближений вираз

$$\rho \approx 0,5(l + \log_2 l - 1)(1 - p)(1 - (1 - p)(\log_2 l - 1)).$$

Отримані вирази справедливі для випадків пошуку дефектів за УАД досконалої форми, коли $\log_2 l$ ціле число. У загальному випадку

$$\rho_i = \frac{0,5(1 - p)}{pl_i} \sum_{j=1}^{K_{max}} l_j (2^j + j - 1) p^j,$$

де l_j – кількість результатів пошуку після виконання j перевірок, причому

$$\sum_{j=1}^{K_{max}} l_j = l_i.$$

У практиці ремонту ЗСЗ найбільш часто використовують УАД мінімальної форми, коли різниця між максимальною K_{max} і мінімальною кількістю перевірок в підгрупі елементів дорівнює одиниці, тоді

$$\rho_i = \frac{(1 - p)p^{\lceil K \rceil - 1}}{2l_i} \left[\frac{(2^{\lceil K \rceil} - l_i)(2^{\lceil K \rceil - 1} + \lceil K \rceil - 2)}{p} + (2l_i - 2^{\lceil K \rceil})(2^{\lceil K \rceil} + \lceil K \rceil - 1) \right],$$

де $\lceil K \rceil$ – округлене до цілого числа значення $K = \log_2 l_i$.

Так, для розглянутого прикладу $\lceil K \rceil = 4$ і $\rho_i = 0,0855$, що на 8,2% більше, ніж при оцінці по наближеному виразу для УАД досконалої форми.

Результати досліджень дозволяють формалізувати процес завдання вимог до ЗВТ за значенням p в залежності від виконання обмежень $T_{в} \leq T_{в\delta}$ і $\rho \leq 0,5$ у вигляді блок-схеми алгоритму рис. 2.15.

Виходячи з отриманого мінімально необхідного значення p_{\min} визначається кількість розрядів цифрових або клас точності аналогових ЗВТ [106, 107], при цьому виконуються всі вимоги до ремонтпридатності ЗСЗ, а вартість ЗВТ буде мінімальною.

В підрозділі отримано і досліджено функціональні залежності значень показників достовірності діагностування ЗСЗ з кратними дефектами від керованих змінних: умов ремонту (t, t_y), якості діагностичного (K, K_{Σ}) та МОБ (p). Формалізовано у вигляді блок-схеми алгоритму практичні рекомендації щодо обґрунтування вимог до МОБ ремонту ЗСЗ з кратними дефектами.

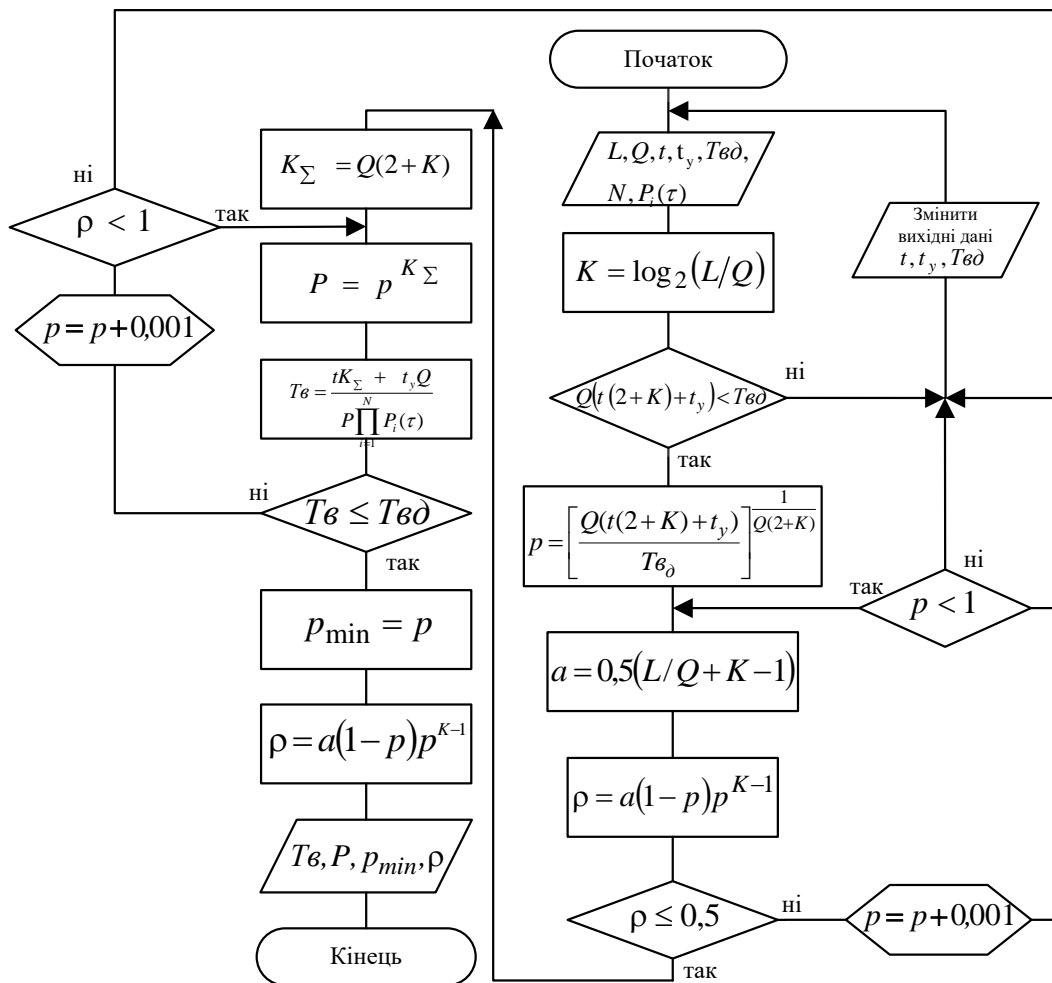


Рисунок 2.15 – Блок-схема алгоритму формування вимог до метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки

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.

2.4. Вимоги до метрологічного обслуговування засобів спеціального зв'язку в апаратних технічного забезпечення

АТЗ призначені для ТО і ПР, усунення аварійних і бойових пошкоджень ЗСЗ в польових умовах. В даний час АТЗ підрозділяється на спеціалізовані, універсальні і модульного типу [93, 94, 99], комплектуються універсальними і сервісними ЗВТ для діагностування ЗСЗ. При цьому не враховується груповий характер взаємодії фахівців екіпажу АТЗ, що веде до завищення вимог до ЗВТ і, як наслідок, збільшення їх вартості.

Мета підрозділу – на основі аналізу ДЗ групової діяльності фахівців обґрунтувати вимоги до МОБ ЗСЗ в АТЗ за критерієм мінімуму вартості при обмеженнях на час визначення технічного стану та відновлення працездатності в найбільш складній ситуації – наявності у ЗСЗ кратних дефектів внаслідок отримання аварійних або бойових пошкоджень.

Відомо, що вартість ЗВТ визначається класом точності аналогових або кількістю розрядів цифрових [91, 92], що в свою чергу, залежить від мінімально необхідної ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки p за УАД. Тому з урахуванням особливостей ДЗ ЗСЗ необхідно мінімізувати значення p , після чого вибрати тип ЗВТ і обґрунтувати їх метрологічні характеристики.

У практиці ремонту ЗСЗ групою фахівців використовують НГПД, СПГД і ЗГПД, показники якості яких зведені в табл. 2.5 [83-89],

де μ – кількість фахівців в групі;

R – штатна чисельність екіпажу;

Z – кількість зон пошуку дефектів;

K_z – середня кількість перевірок в зоні

$$K_z = \frac{1-S}{2SL(m-1)^2} \left(\frac{m-1}{1-S} - 1 \right) \left(\frac{m-1}{1-S} + m \right) + 2 \left(\frac{SL}{Z} - 1 \right) + \frac{SL}{Z} \log_m \frac{1-S}{S(m-1)};$$

K – загальна кількість перевірок;

S – ступінь пошкодження ЗСЗ (доля несправних елементів від їх загальної кількості);

n – кількість груп елементів в УАД.

Таблиця 2.5 – 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}	$(tK + SLt_y)/P$	$(tK + SLt_y)/PR$	$(\mu tK + SLt_y)/\mu P$

Ступінь пошкодження визначається в процесі попередньої та повної дефектації та залежить від частки несправних елементів ЗСЗ, причому ремонт у польових умовах в АТЗ виконується за умови $0,01 \leq S \leq 0,1$. Наведені результати дозволяють формалізувати у вигляді блок-схеми алгоритму процес визначення мінімально необхідного значення p при будь-якому вигляді ГПД за умови $T_{\theta} = T_{\theta d}$ (рис. 2.16).

При реалізації ремонту ЗСЗ агрегатним методом та припущені одній помилки фахівця в оцінці результату виконання перевірки необхідно виконання умови: МС відхилення помилкового діагнозу від істинного $\rho \leq 0,5$, так як в цьому випадку навіть при помилковому діагнозі несправний агрегат буде замінений справним.

Згідно [50, 51, 55] при СГПД по УАД незавершеної форми

$$\rho = \frac{0,5(1-p)}{\mu p L} \sum_{i=1}^{K_{max}} l_i \left[(\mu+1)^i + i\mu - 1 \right] p^{i\mu} \leq 0,5, \quad (2.1)$$

де K_{max} – максимальна кількість перевірок по УАД;

l_i – кількість діагнозів після виконання i перевірок.

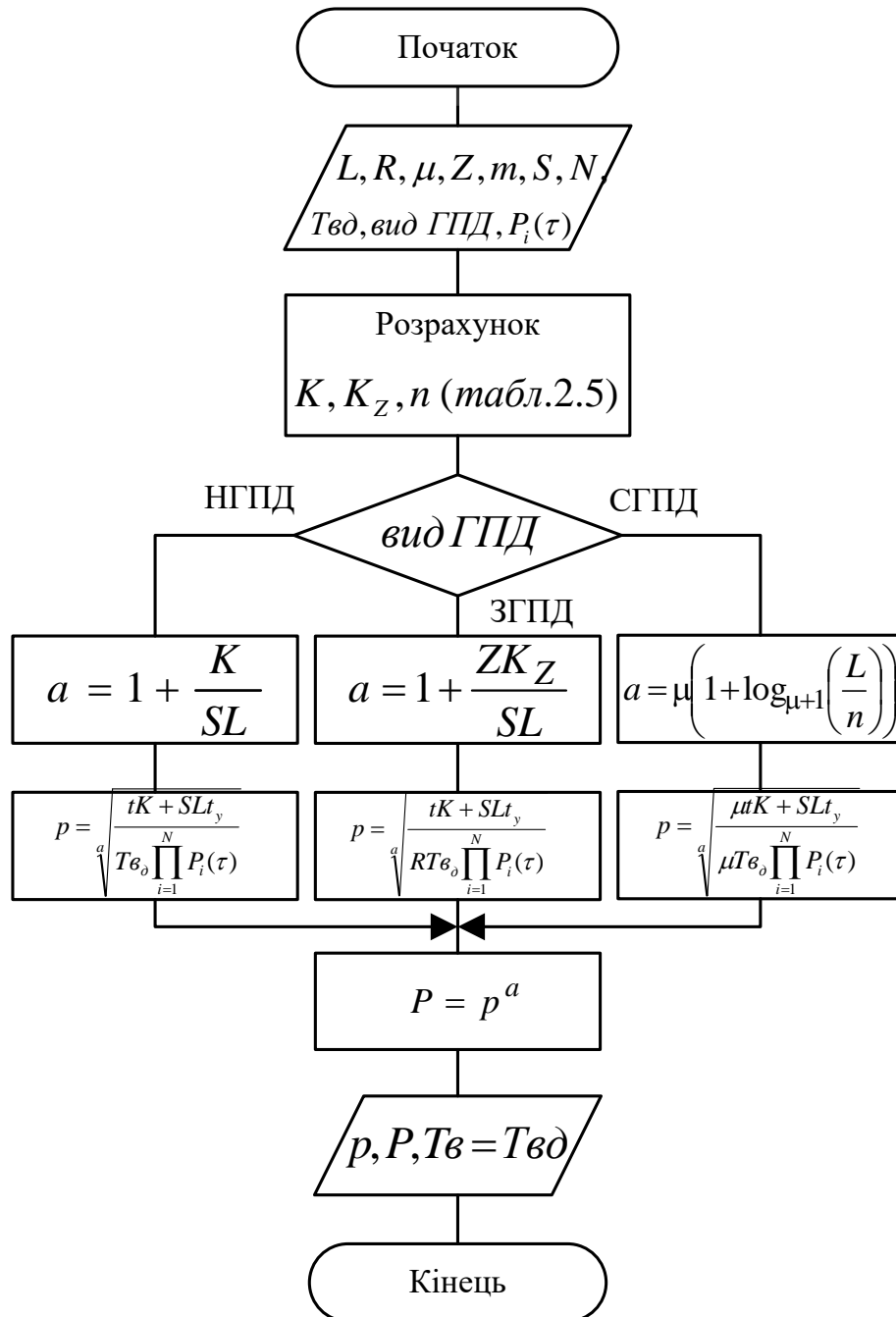


Рисунок 2.16 – Блок-схема алгоритму визначення мінімально необхідного значення p при ГПД за умови $Tв = Tвд$

При реалізації НГПД і ЗГПД значення МС відхилення діагнозу оцінюється виразом [18-21] для бінарних УАД

$$\rho = \frac{S(1-p)p^{\lfloor k \rfloor}}{2} \left[\left(2^{\lfloor k \rfloor} - \frac{1}{S} \right) \left(\frac{2^{\lfloor k \rfloor} + \lceil k \rceil - 2}{p} \right) + 2 \left(\frac{1}{S} - 2^{\lfloor k \rfloor} \right) (2^{\lceil k \rceil} + \lceil k \rceil - 1) \right] \leq 0,5, \quad (2.2)$$

де $k = \frac{K_z}{n} - 2$,

$\lfloor k \rfloor$ – ціла частина числа k ;

$\lceil k \rceil$ – округлене k до цілого числа.

З наведених виразів (2.1) і (2.2) за умови $\rho \leq 0,5$ отримати значення p в явному вигляді не представляється можливим, тому мінімально необхідне значення p , яке задовольняє всім необхідним умовам, знаходиться по блок-схемі алгоритму рис. 2.17.

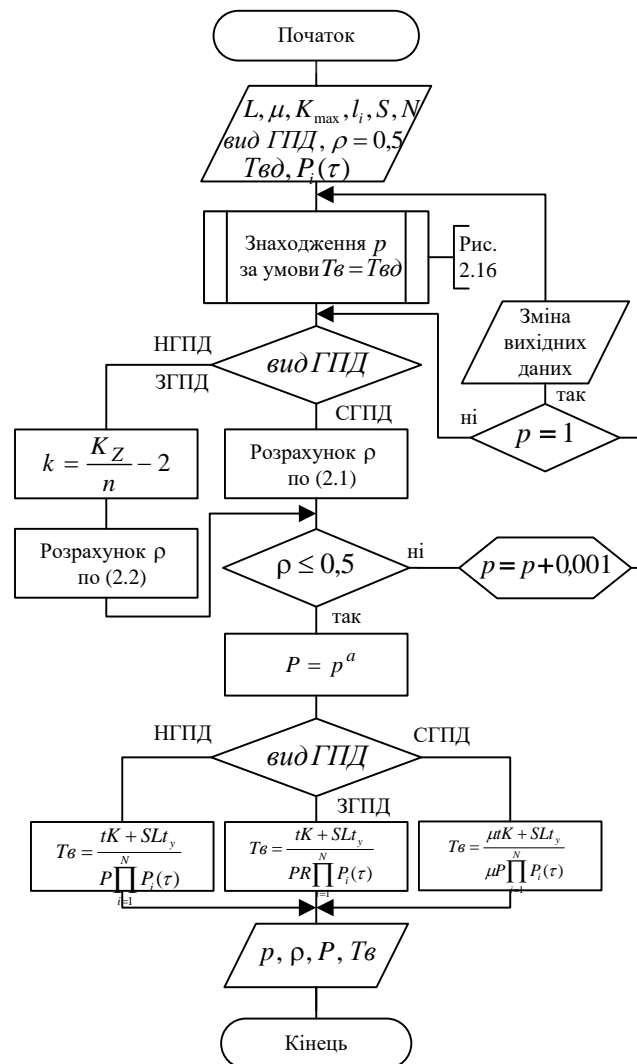


Рисунок 2.17 – Блок-схема алгоритму знаходження мінімального необхідного значення p при будь-якому вигляді ГПД

Застосування отриманих результатів показано на прикладі обґрунтування вимог по відновленню тракту прийому тропосферної станції Р-423 за умов [88-90]: $L = 51$; $S = 0,06$; $p = 0,995$; $T_{вд} \leq 40$ хв.; $t = 3$ хв.; $t_y = 5$ хв.; $m = 2$; $\mu = 2$ (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 – Показники якості діагностичного забезпечення

Показник	Прототип	НГПД	ЗГПД	СГПД
P	0,931	0,970	0,975	0,971
$T_v, хв$	70	67	71	40

Структурна схема тракту прийому станції тропосферного зв'язку Р-423 приведена на рис. 2.18, де ланцюги електроживлення умовно не показані, а перелік елементів відображений в табл. 2.7. Діагностична модель об'єкту у вигляді графу інформаційно-енергетичних зв'язків показана на рис. 2.19, де усунені транзитивні замикання і підраховані індекси передування.

В цьому випадку НГПД і ЗГПД не відповідають умові $T_v \leq T_{вд}$, крім того, конструкція об'єкта не дозволяє реалізацію ЗГПД. Найкращі результати забезпечують СГПД двома майстрами (приклад УАД приведено в підрозділі 3.1 на рис. 3.7).

В підрозділі розглянуто варіанти використання ГПД 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 $T_v \leq T_{вд}$ і $\rho \leq 0,5$, що мінімізує вартість ЗВТ АТЗ.

Отримані результати доцільно використовувати в методах формування вимог до МОБ ЗСЗ за критерієм мінімуму вартості ЗВТ при обмеженнях на час відновлення.

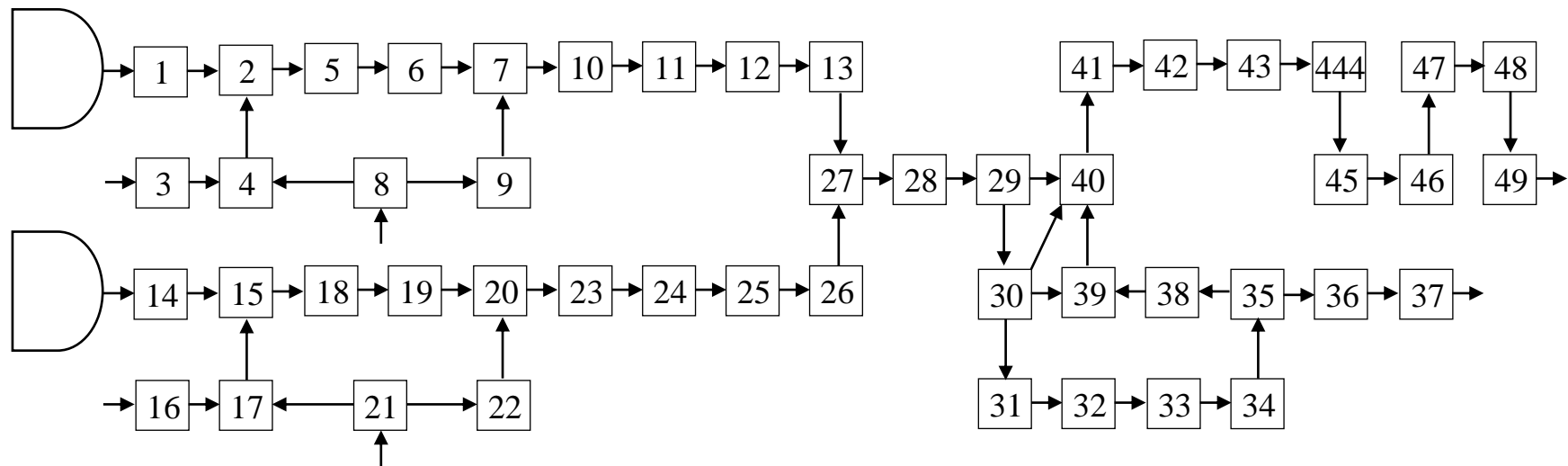


Рисунок 2.18 – Структурна схема тракту прийому Р-423

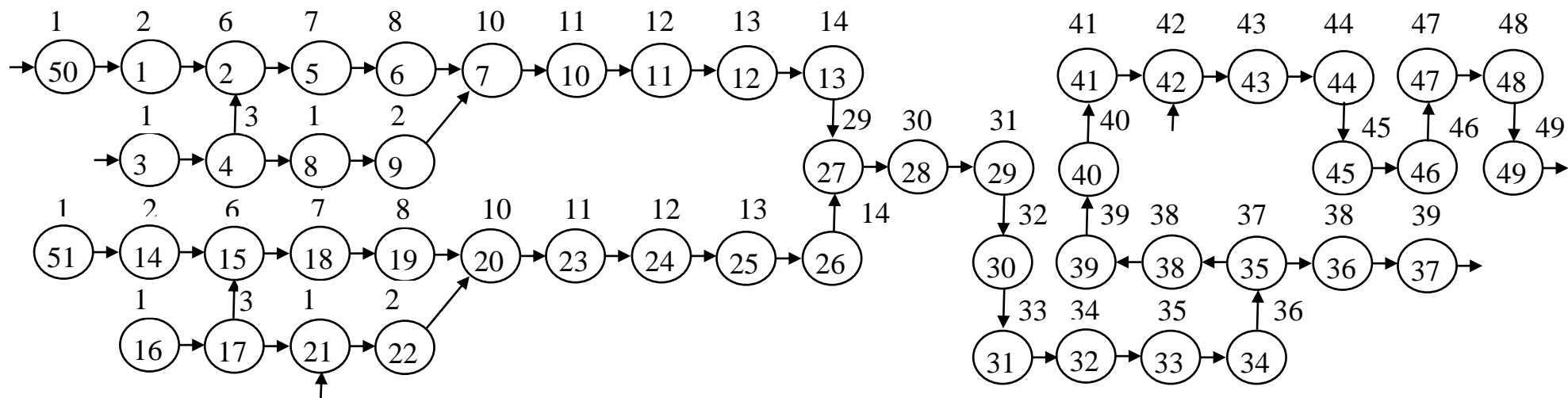


Рисунок 2.19 – Граф інформаційно-енергетичних зв'язків тракту прийому Р-423

Таблиця 2.7 – Перелік елементів станції тропосферного зв'язку Р-423

Умовний номер	Призначення	Умовний номер	Призначення
1)	МШУ-1	27)	Д38-01-01
2)	Д55-00-06С	28)	Д38-01-17
3)	Д46-02М	29)	Д38-02-10
4)	Д55-01М	30)	Д38-02-02
5)	Д55-00-06С	31)	Д38-02-03, підсилювач
6)	Д55-00-06С	32)	Д38-02-03, фільтр
7)	Д55-00-06М	33)	Д38-02-03, ФСКТ
8)	Д46-00-01М	34)	Фільтр
9)	Д46-00-02М	35)	Підсилювач
10)	Д55-00-06М, фільтр	36)	Демодулятор
11)	Д55-00-06М, підсилювач	37)	Компаратор
12)	Д55-00-15, фільтр	38)	Д38-02-06
13)	Д55-00-15, підсилювач	39)	Д38-02-17
14)	МШУ-1	40)	Д38-02-04
15)	Д55-00-06С	41)	ПЧ-2
16)	Д46-02М	42)	ЦАУМ
17)	Д55-01М	43)	ФНЧ
18)	Фільтр Д55-00-06С	44)	Суматор
19)	Д55-00-06С	45)	ПФ
20)	Д55-00-06Д	46)	Фільтр
21)	Д46-00-01М	47)	СУ2
22)	Д46-00-02М	48)	ПЗ31 "Імпульс"
23)	Д55-00-06Д, фільтр	49)	Д61
24)	Д55-00-06Д, підсилювач	50)	Антенa 1
25)	Д55-00-15, фільтр	51)	Антенa 2
26)	Д55-00-15, підсилювач	52)	-

Висновки до розділу

1. В розділі розглянуті можливі ситуації відновлення працездатності ЗСЗ одним або групою фахівців під час ПР або усунення кратних дефектів з використанням сучасних досягнень в галузі технічної діагностики при розробці ДЗ ЗСЗ.

2. Отримані нові аналітичні залежності та запропоновані алгоритми визначення мінімально необхідного значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки під час ТО або ремонту ЗСЗ з врахуванням їх схемної і конструктивної побудови, що дозволяє мінімізувати вартість ЗВТ.

3. Отримані в розділі результати доцільно використовувати в методах формування МХ ЗВТ з мінімальною вартістю для ТО і ремонту ЗСЗ за необхідний час як при ПР, так і при усуненні аварійних або бойових пошкоджень.

4. Наукові результати розділу опубліковано в [1, 4, 17, 18, 108] і доповідались на конференціях [8,11, 12].

РОЗДІЛ 3

КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРИ
ФОРМУВАННІ ВИМОГ ДО МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАСОБІВ
СПЕЦІАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

В розділі формалізовано у вигляді методів рішення завдання формування вимог до ЗВТ, які використовують під час ТО, ПР, усунення аварійних або бойових пошкоджень ЗСЗ силами екіпажів АЗ і АТЗ 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.

3.1. Метод формування вимог до засобів вимірювальної техніки параметрів засобів спеціального зв'язку під час їх технічного обслуговування і поточного ремонту

Метод призначений для обґрунтування мінімально необхідних значень МХ ЗВТ, які використовують під час ТО за станом і ПР ЗСЗ, для зменшення їх вартості при обмеженнях на час встановлення ТС або відновлення працездатності. Його сутність полягає в науковому обґрунтуванні значень МХ ЗВТ на основі використання отриманих в розділі 2 функціональних залежностей, що пов'язують значення ймовірності правильної оцінки результату вимірювання параметру ЗСЗ (p) із середнім часом відновлення під час ПР (T_v) та МС відхилення у визначенні несправного елемента або ТЕЗ ЗСЗ (ρ). Це завдання виконується за умови $T_v \leq T_{вд}$ і $\rho \leq 0,5$ та з врахуванням виконання перевірок за УАД будь-якої форми та виду, які побудовані згідно рекомендацій сучасних досягнень технічної діагностики.

Структура методу наведена на рис. 3.1. Її використання передбачає врахування обмежень:

реалізація ПР ЗСЗ агрегатним методом;

вибір ЗВТ зі списку тих, що використовують в Державній службі спеціального зв'язку та захисту інформації України;

при можливості однієї помилки в оцінці результату вимірювання параметру несправний елемент повинен знаходитись в агрегаті (блоці, ТЕЗ, вузлі) що замінюється.

Крім того, використання методу можливе при наступних допущеннях:

при ТО або ПР передбачається наявність в ЗСЗ не більше одного дефекту;

в процесі визначення технічного стану ЗСЗ не допускається наявність більше однієї помилки в оцінці результату вимірювання параметру;

порядок виконання перевірок задається УАД ЗСЗ оптимального за критерієм мінімуму T_v форми;

ТО або ПР ЗСЗ виконує екіпаж апаратної зв'язку або АТЗ;

кваліфікація фахівців відповідає посаді згідно штатного розпису;

АЗ і АТЗ мають справне технологічне обладнання і повний комплект документації.

Обмеження та допущення відповідають реальним умовам експлуатації ЗСЗ в польових умовах.

Математичний апарат методу заснований на використанні методів теорії вимірювань, теорії ймовірностей, теорії дискретного пошуку, теорії графів і дискретної математики для отримання функціональних залежностей МС відхилення технічного стану ЗСЗ від його істинного значення при заданих обмеженнях і допущеннях, а також моделювання на ЕОМ при дослідженні впливу керованих змінних на результати. Теорія дискретного пошуку – галузь технічної діагностики, яка вивчає процес пошуку дефектів при відновленні працездатності складних технічних об'єктів і систем за допомогою дослідження й оптимізації процедур

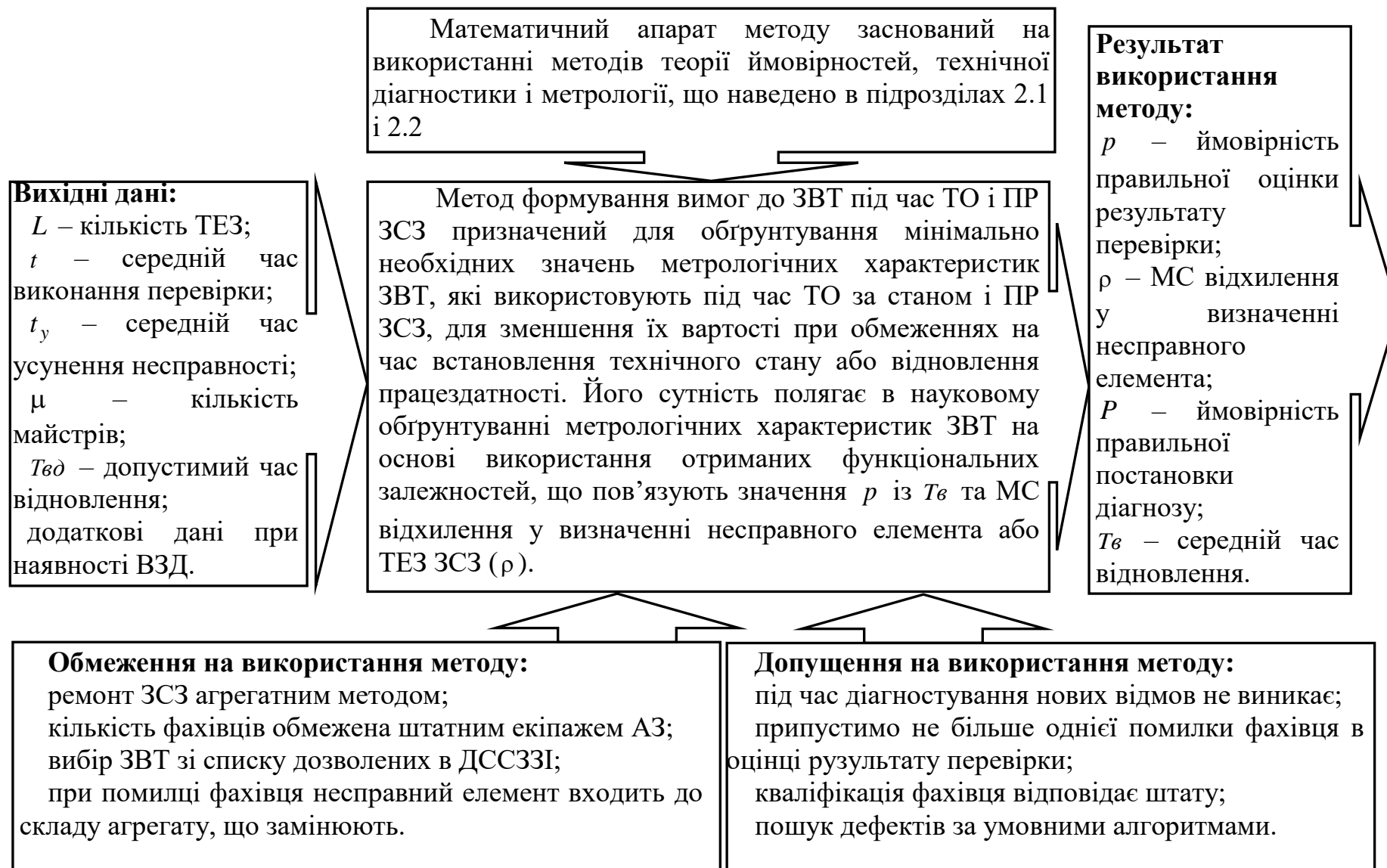


Рисунок 3.1 – Структура методу формування вимог до засобів вимірювань параметрів засобів спеціального зв'язку під час їх технічного обслуговування і поточного ремонту

і алгоритмів виявлення апріорно невідомої кількості елементів із заданими властивостями з кінцевої структурно-зв'язної множини за деяким критерієм (мінімум часу, вартості, працевитрат або максимум ймовірності відновлення) або їх сукупності при заданих обмеженнях (ймовірність вирішення задачі за припустимий час або інше).

Основні функціональні залежності та аналітичні вирази, що використані в методі, наведено в табл. 2.2, а також в підрозділі 2.2.

Вихідні дані:

L – кількість ТЕЗ;

t_y – середній час усунення несправності;

μ – кількість майстрів;

$T_{\text{вд}}$ – допустимий час відновлення.

Якщо $\mu = 1$ і ЗСЗ має ВЗД, то ввід:

K_1 – глибина пошуку дефекту ВЗД;

K_2 – середня кількість перевірок з ЗВТ;

p_1 – ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки ВЗД;

t_1 – середній час виконання перевірки ВЗД;

t_2 – середній час виконання перевірки ЗВТ;

M – максимальне значення модуля вибору УАД.

Якщо $\mu = 1$ і ВЗД відсутні, то ввід:

t – середній час виконання перевірки;

K – середня кількість перевірок;

Z – кількість елементів ЗСЗ;

l – кількість елементів в ТЕЗ;

U – вид надлишковості ЗСЗ ($U = 1$ – часова, $U = 2$ – функціональна, $U = 3$ – конструктивна);

B – розподіл ЗСЗ на B частин;

r – повтор перших перевірок по УАД.

Якщо $\mu > 1$, то використовують ГПД і додатково ввід:

D – вид ГПД ($D=1$ – НГПД, $D=2$ – ЗГПД, $D=3$ – СГПД);

m – модуль вибору УАД;

t – середній час виконання перевірки.

При $D=2$ додатково ввід:

n – кількість зон пошуку дефекту (кількість підсистем або блоків ЗСЗ).

Алгоритм реалізації методу передбачає виконання наступних етапів:

отримання і аналіз вихідних даних;

при виконання робіт одним фахівцем ($\mu=1$) і наявності в ЗСЗ ВЗД використовують алгоритми рис. 2.4, 2.5;

при $\mu=1$ і відсутності в ЗСЗ ВЗД розробка ДЗ з використанням всіх видів надлишковості і алгоритмів рис. 2.2, 2.3;

при ГПД залежно від його виду використовують алгоритми рис. 2.7, 2.9, 2.10.

Укрупнена блок-схема алгоритму завдання вимог до ЗВТ під час ТО і ПР ЗСЗ приведена на рис. 3.2, а програма його використання приведена в Додатку А.

Розглянемо вплив розмірності об'єкту L на показники якості відновлення p , P , ρ , T_v під час реалізації можливих видів ГПД (1 – НГПД, 2 – ЗГПД, 3 – СГПД) при обмеженнях $T_v \leq 20$ хв. і $\rho \leq 0,5$ (рис. 3.3-3.6). Їх аналіз показує, що при заданих обмеженнях на показники якості відновлення об'єкту при малій розмірності можливе використання НГПД, що дозволяє знизити вимоги до ЗВТ ($p_1 < p_2 < p_3$), крім того, цей вид ГПД забезпечує зі збільшенням L зменшення P_1 і ρ_i за рахунок збільшення p_1 . Але виходячи з аналізу поведінки середнього часу відновлення в усіх випадках доцільно використовувати СГПД ($T_{v3} < T_{v2} < T_{v1}$), хоча при збільшенні розмірності об'єкту до $L=100$ отримуємо $\rho_3 > \rho_2 > \rho_1$ за рахунок збільшення вимог до ЗВТ ($p_1 > p_2 > p_3$). В усіх випадках при заданих обмеженнях на T_v і ρ можлива реалізація всіх видів ГПД.

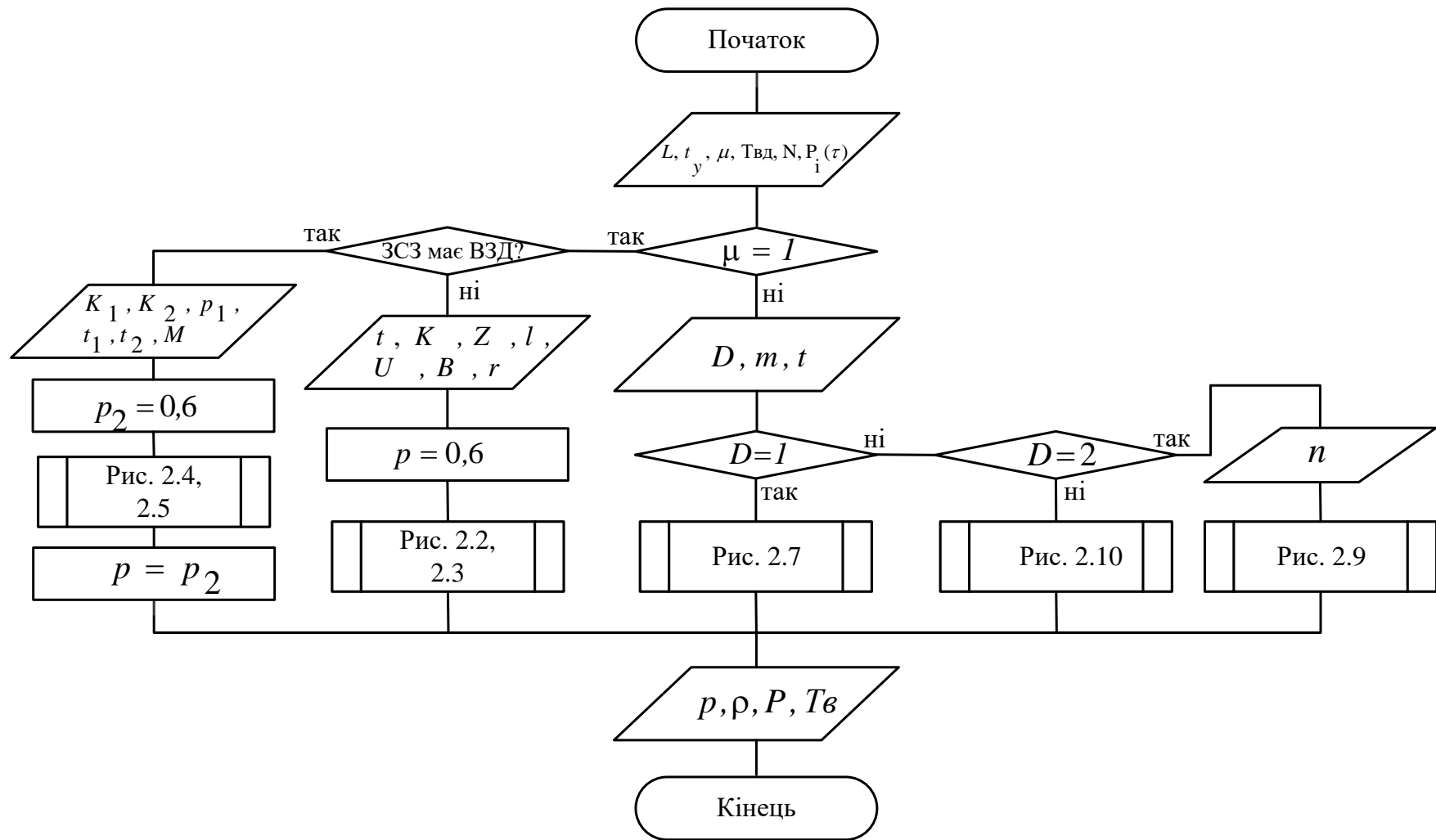


Рисунок 3.2 – Укрупнена блок-схема алгоритму завдання вимог до ЗВТ під час ТО і ПР ЗСЗ

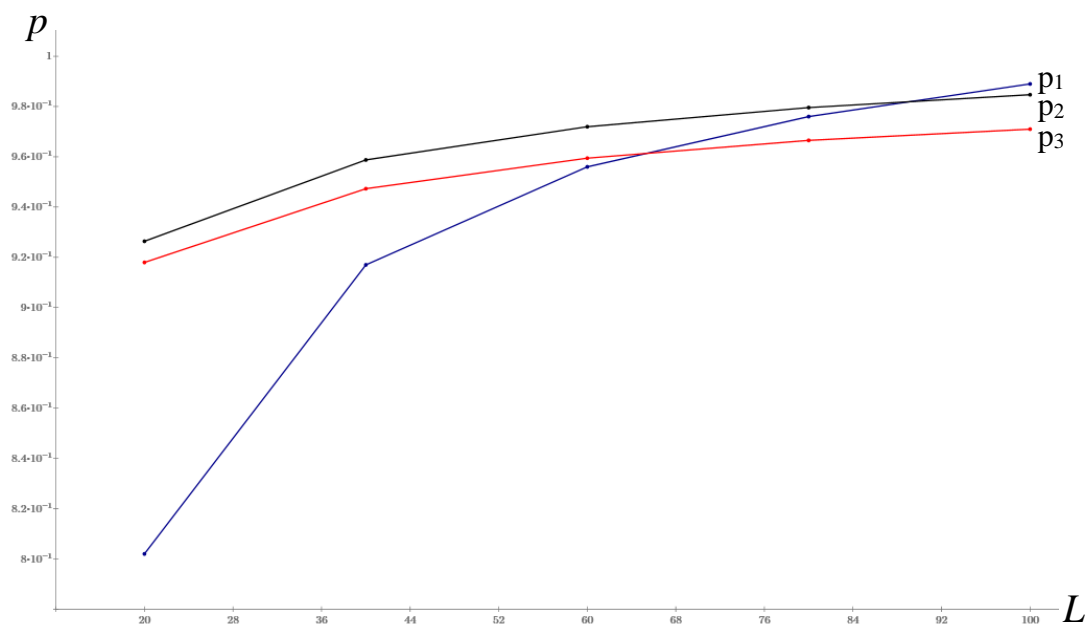


Рисунок 3.3 – Залежності необхідного значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки від розмірності об'єкту і виду ГПД при заданих обмеженнях на T_v і ρ

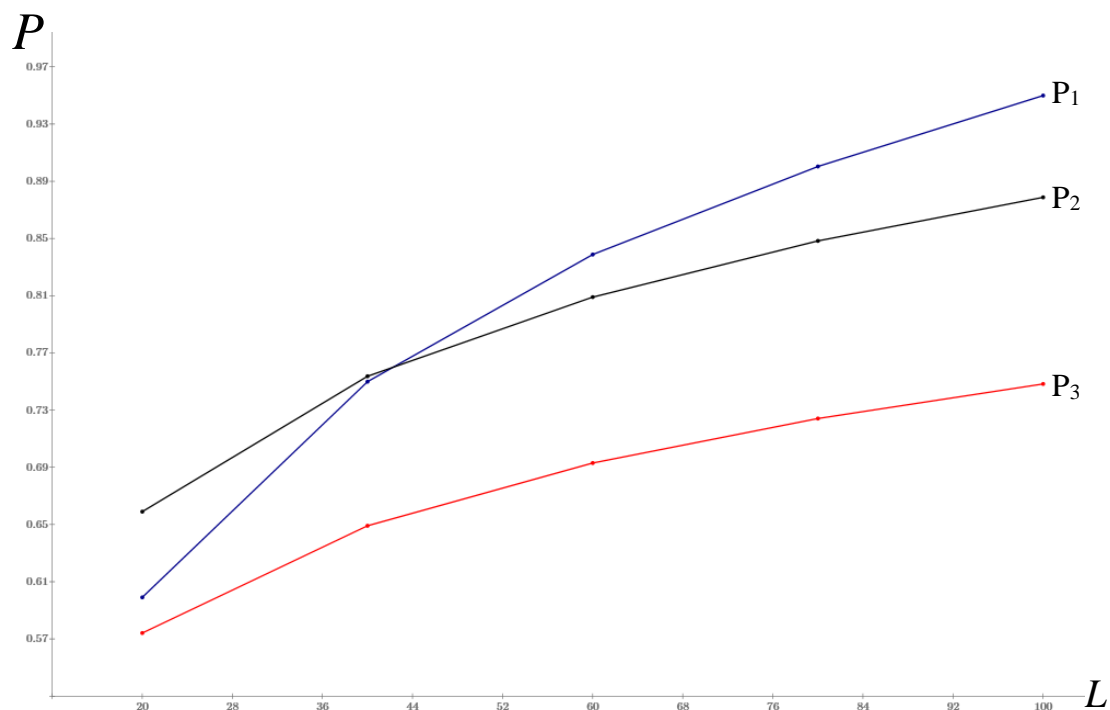


Рисунок 3.4 – Залежності ймовірності правильної постановки діагнозу від розмірності об'єкту і виду ГПД при заданих обмеженнях на T_v і ρ

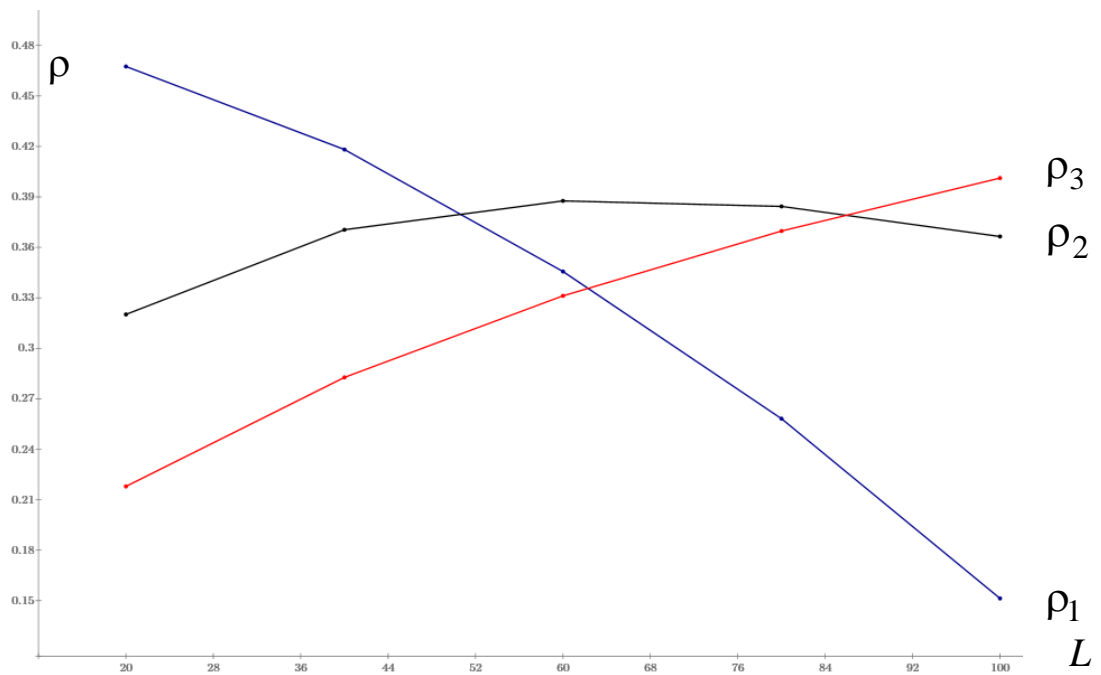


Рисунок 3.5 – Залежності математичного сподівання відхилення діагнозу при одній помилці фахівця в оцінці результату виконання перевірки від розмірності об'єкту і виду ГПД при заданих обмеженнях на T_v і ρ .

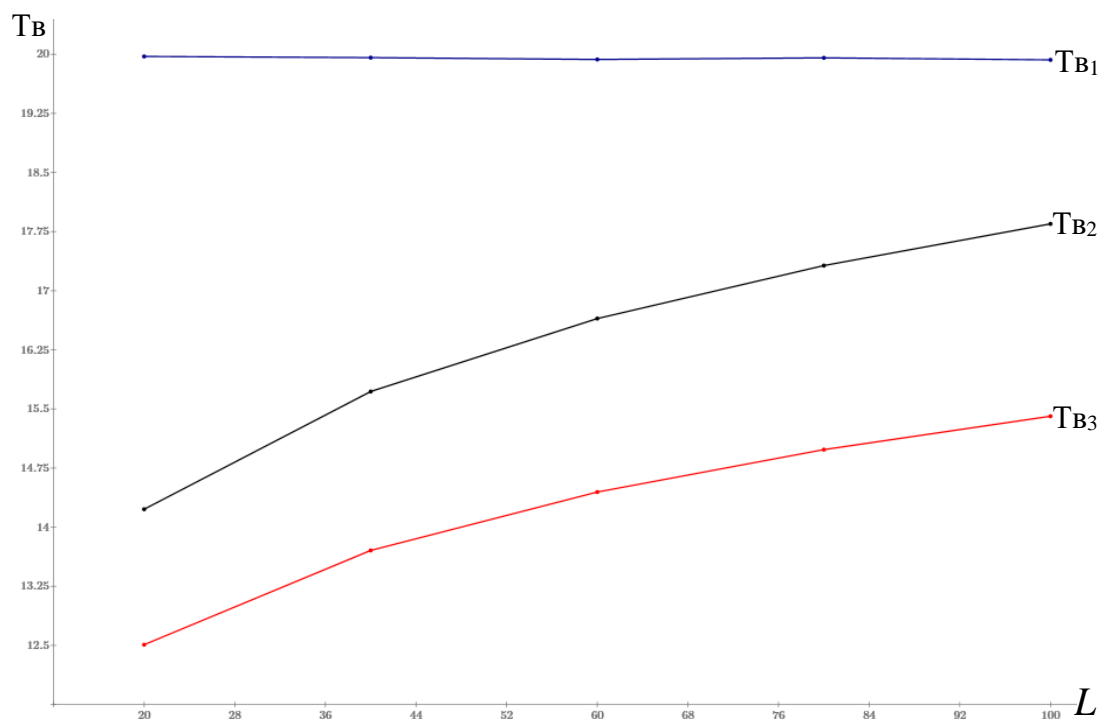


Рисунок 3.6 – Залежності середнього часу відновлення об'єкту від його розмірності і виду ГПД при заданих обмеженнях на T_v і ρ .

Після отримання мінімально допустимого значення p , при якому $T_v \leq T_{vd}$ і $\rho \leq 0,5$, за відомими методиками визначають МХ ЗВТ: клас точності (K_t), ціну поділки і довжину шкали аналогових ЗВТ [41, 91-93, 102, 106] або кількість розрядів (r) цифрових ЗВТ [93]. При цьому вартість ЗВТ буде мінімальною.

Порядок використання методу розглянемо на прикладі вибору ЗВТ для МОБ тракту Р-423 [87] при наступних вихідних даних із підрозділу 2.4: $L = 51$, $T_{vd} \leq 20$ хв., $t = 3$ хв., $t_y = 5$ хв., $n = 2$, $m = 2$, $\mu = 2$. Умовний алгоритм сумісного групового пошуку дефектів приведено на рис. 3.7. Результати розрахунків приведено в табл. 3.1.

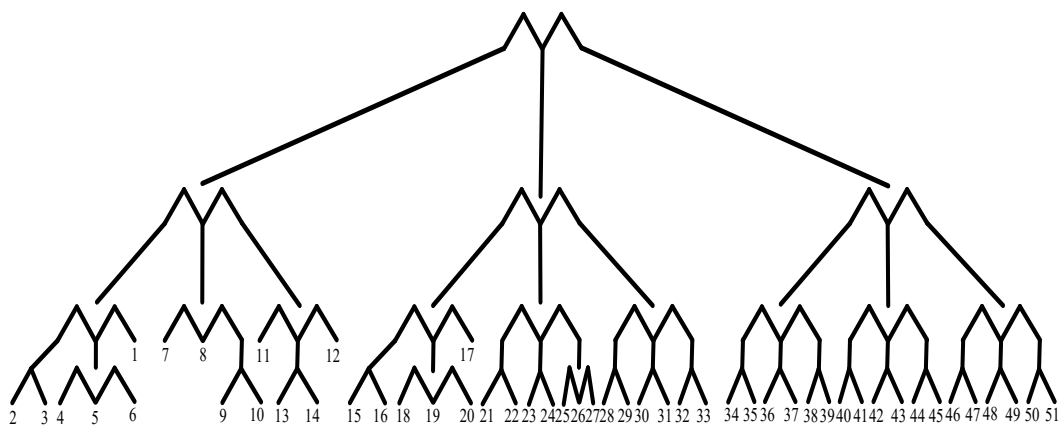


Рисунок 3.7 – Умовний алгоритм сумісного групового пошуку дефектів

Таблиця 3.1 – Результати моделювання групового пошуку дефектів

Вид ГПД	p	ρ	P	T_v , хв
НГПД	0,989	0,150	0,950	20,00
СГПД	0,967	0,383	0,786	16,23

В даному випадку ЗГПД не забезпечує необхідне значення часу відновлення, оскільки $T_v > 30$ хв. Найкращий результат забезпечує використання СГПД, при цьому в порівнянні з НГПД знижуються вимоги до ЗВТ та до 20% скорочується значення T_v .

Найкращий результат прототипу [87] забезпечує СГПД: $p = 0,995$; $P = 0,911$; $T_{vd} \leq 17,3$ хв.

Ефект від використання методу заключається в зниженні вимог до ЗВТ ($p = 0,967$ замість $p' = 0,995$), а також в скороченні середнього часу відновлення об'єкту при ПР на 6,4% ($T_v = 16,23$ хв. замість $T_v = 17,3$ хв. у прототипу). Тобто, згідно (1.5) ефект від впровадження методу дорівнює 3 % зниження вимог до ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки. Це дозволяє не тільки зменшити час відновлення, але і суттєво знизити вартість ЗВТ, що використовують під час ПР 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.

3.2. Метод формування вимог до засобів вимірювальної техніки апаратних технічного забезпечення для відновлення працездатності засобів спеціального зв'язку з аварійними та бойовими пошкодженнями

Метод призначений для обґрунтування мінімально необхідних значень МХ ЗВТ для комплектування перспективних зразків АТЗ з метою відновлення працездатності ЗСЗ з аварійними та бойовими пошкодженнями слабого ступеня в польових умовах.

Його сутність полягає в науковому обґрунтуванні МХ ЗВТ мінімальної вартості на основі використання отриманих в розділі 2 функціональних залежностей, що пов'язують значення ймовірності правильної оцінки результату вимірювання параметру ЗСЗ під час пошуку кратних дефектів з середнім часом відновлення працездатності екіпажами АЗ або АТЗ та МС відхилення діагнозу від істинного положення несправного елемента. Як і раніше, це завдання виконується за умови, що $T_v \leq T_{vd}$ і $p \leq 0,5$ під час пошуку дефектів за УАД будь-якої форми та виду.

Структура методу відповідає наведеного на рис. 3.1 за винятком того, що математичний апарат розглянуто в підрозділах 2.3 і 2.4.

Використання методу передбачає врахування обмежень:
 реалізація ремонту ЗСЗ в польових умовах агрегатним методом;
 ремонт ЗСЗ з пошкодженнями слабого ступеня (доля несправних елементів не перевищує 10% від їх загальної кількості);
 кількість фахівців обмежена особовим складом апаратних зв'язку і АТЗ;
 вибір ЗВТ зі списку тих, що використовують в Державній службі спеціального зв'язку та захисту інформації України;
 при помилці фахівця в оцінці результату вимірювання діагностичного параметру несправний елемент повинен знаходитись в агрегаті, що замінюється.

Використання методу можливе при наступних допущеннях:
 ступінь пошкодження ЗСЗ визначається під час дефектації;
 під час діагностування виробу допускається не більше однієї помилки в оцінці результату вимірювання параметру;
 під час пошуку кратних дефектів використовують УПП;
 порядок пошуку дефектів в ЗСЗ задається УАД оптимальної за критерієм мінімуму T_v форми;
 кваліфікація фахівців відповідає посаді згідно штатного розпису;
 АЗ має повний комплект експлуатаційної документації;
 АТЗ має справне технологічне обладнання і комплект обмінного фонду агрегатів;
 до 90% дефектів мають явний характер.

Обмеження та допущення відповідають реальним умовам експлуатації і відновлення працездатності ЗСЗ в польових умовах.

Математичний апарат методу заснований на використанні методів теорії вимірювань, теорії ймовірностей, теорії дискретного пошуку, теорії графів і дискретної математики для отримання функціональних залежностей МС відхилення діагнозу від його істинного значення при заданих обмеженнях і допущеннях процесу відновлення ЗСЗ з кратними дефектами, а також

модельовання на ЕОМ при дослідженні впливу керованих змінних на результати.

Основні функціональні залежності та аналітичні вирази, що використані в методі, наведено в табл. 2.5, а також в підрозділах 2.2 і 2.3.

Вихідні дані:

L – кількість ТЕЗ в ЗСЗ;

Q – прогнозована кількість дефектів за результатами повної дефектації;

t – середній час виконання перевірки параметра;

t_y – середній час усунення несправності;

$T_{вд}$ – допустимий час відновлення працездатності ЗСЗ;

μ – кількість майстрів при ГПД;

K_M – максимальна кількість перевірок по УАД при ГПД.

l_i – кількість діагнозів після виконання i перевірок;

m – модуль вибору УАД;

R – кількість членів екіпажу АТЗ;

S – ступінь пошкодження ЗСЗ ($S = Q/L$);

D – вид ГПД: 1 – НГПД, 2 – ЗГПД, 3 – СГПД;

Z – кількість зон пошуку дефекту

Алгоритм реалізації методики передбачає виконання наступних етапів:

отримання і аналіз вихідних даних;

при пошуку кратних дефектів в ЗСЗ одним фахівцем використання алгоритму рис. 2.16;

при ГПД залежно від його виду використовують алгоритми рис. 2.17 і 2.18;

в усіх випадках результат отримають за умови $T_v \leq T_{вд}$ і $\rho \leq 0,5$ для забезпечення знаходження мінімально припустимого значення ρ і мінімальної вартості ЗВТ.

Укрупнена блок-схема алгоритму реалізації методу приведена на рис. 3.8, а програмне забезпечення для його використання приведенне в додатку А.

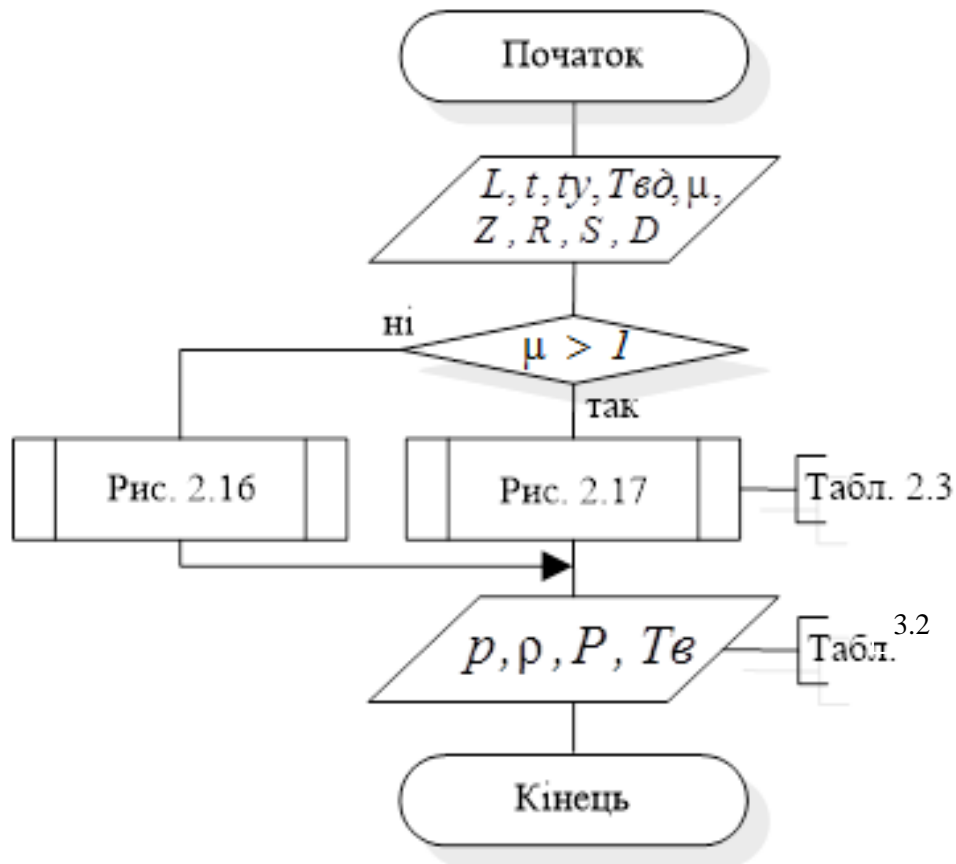


Рисунок 3.8 – Укрупнена блок-схема алгоритму завдання метрологічних характеристик ЗВТ для комплектування АТЗ

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 [41, 91-93, 105, 106] або кількість розрядів цифрових ЗВТ [41], що забезпечує мінімальну вартість ЗВТ.

Порядок використання методу, як і раніше, розглянемо на прикладі вибору ЗВТ для МОБ тракту Р-423 [87] з пошкодженнями слабого ступеня в АТЗ К9 при наступних вихідних даних: $L = 51$, $\mu = 2$, $K_M = 4$, $l_1 = 0$, $l_2 = 0$, $l_3 = 6$, $l_4 = 45$, $m = 2$, $R = 2$, $S = 0,06$, $Z = 2$, $t = 3 \text{ хв.}$, $t_y = 5 \text{ хв.}$ Результати розрахунків приведенно в табл. 3.2 при фіксованих значеннях p штатних ЗВТ зі складу апаратної.

Таблиця 3.2 – Результати моделювання групового пошуку дефектів

Вид ГПД	p	ρ	P	$T_v, хв$
НГПД	0,995	0,037	0,970	66,5
ЗГПД	0,995	0,017	0,975	70,9
СГПД	0,995	0,098	0,971	40,3

Якщо є можливість вибору ЗВТ, то при тих же вихідних даних для СГПД виходячи з умови реалізації ремонту агрегатним методом отримаємо мінімально необхідне значення $p = 0,969$, при цьому $\rho = 0,498$.

Ефект від використання методу полягає в тому, що при раціональному виборі виду ГПД можливо суттєво скоротити середній час відновлення АЗ з кратними дефектами. В даному випадку використане СГПД, що в порівнянні з ЗГПД скорочує час відновлення апаратної зі слабким ступенем пошкодження на 43%, і згідно (1.5) $\eta = 3\%$ за умови $T_v = T_{vd}$.

Новизна розробленого методу полягає в отриманні нових функціональних залежностей показників якості МЗ 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 МЗ відновлення ЗСЗ в польових умовах.

Дослідження за допомогою програми Додатку А показали, що для найкращого варіанту ГПД – сумісного, залежно від ступеня пошкодження S при постійній кількості фахівців μ значення p практично не змінюється (з ростом μ збільшується) (рис. 3.9), а $0,38 \leq \rho \leq 0,497$ (рис. 3.10), що є гранично допустимим для ремонту агрегатним методом. Але зі збільшенням ступеня пошкодження $0,02 \leq S \leq 0,10$ і кількості фахівців $1 \leq \mu \leq 3$ суттєво зростає імовірність правильної постановки діагнозу P (рис. 3.11) і час відновлення T_v (рис. 3.12).

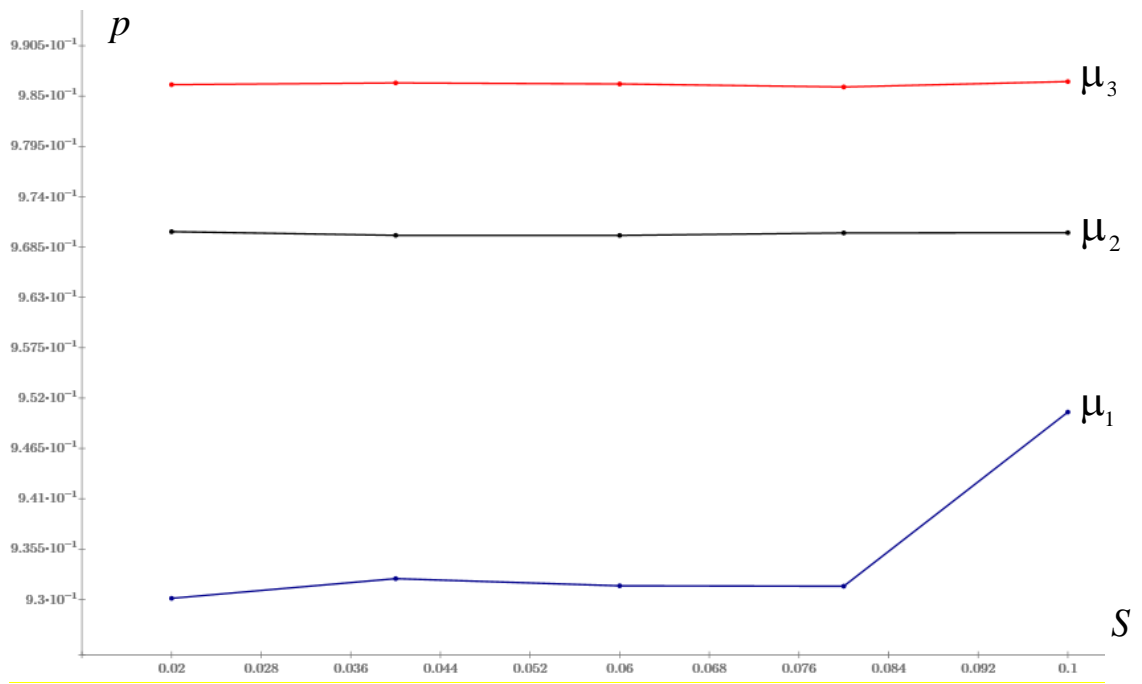


Рисунок 3.9 – Залежності мінімально припустимого значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки від ступеня пошкодження об'єкту S і кількості майстрів μ

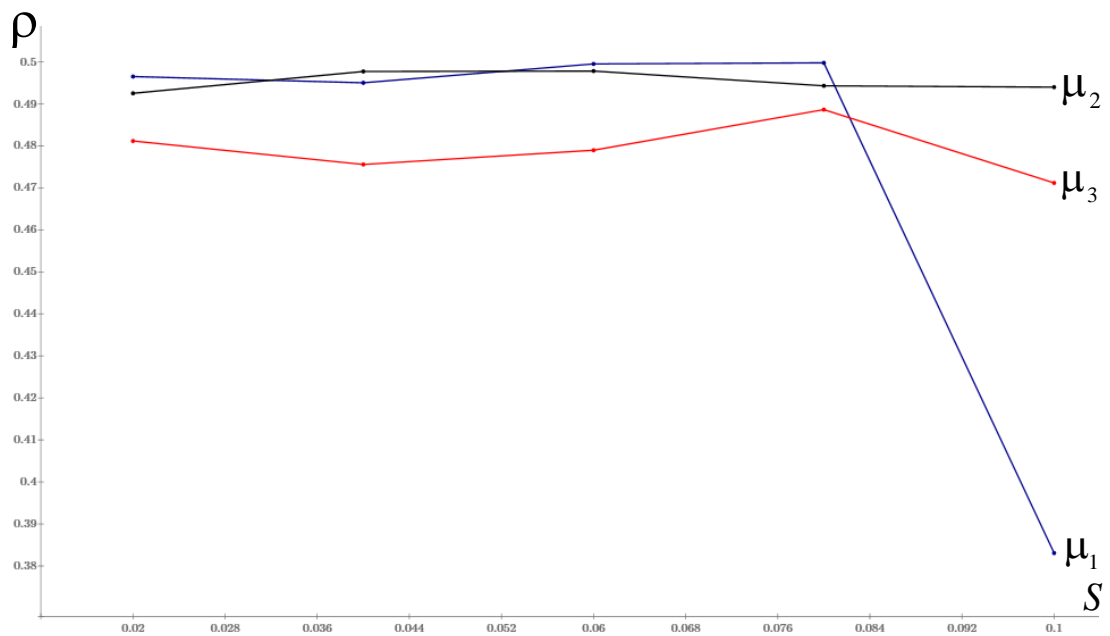


Рисунок 3.10 – Залежності математичного сподівання відхилення діагнозу при одній помилці фахівця в оцінці результату виконання перевірки від ступеня пошкодження об'єкту S і кількості майстрів μ

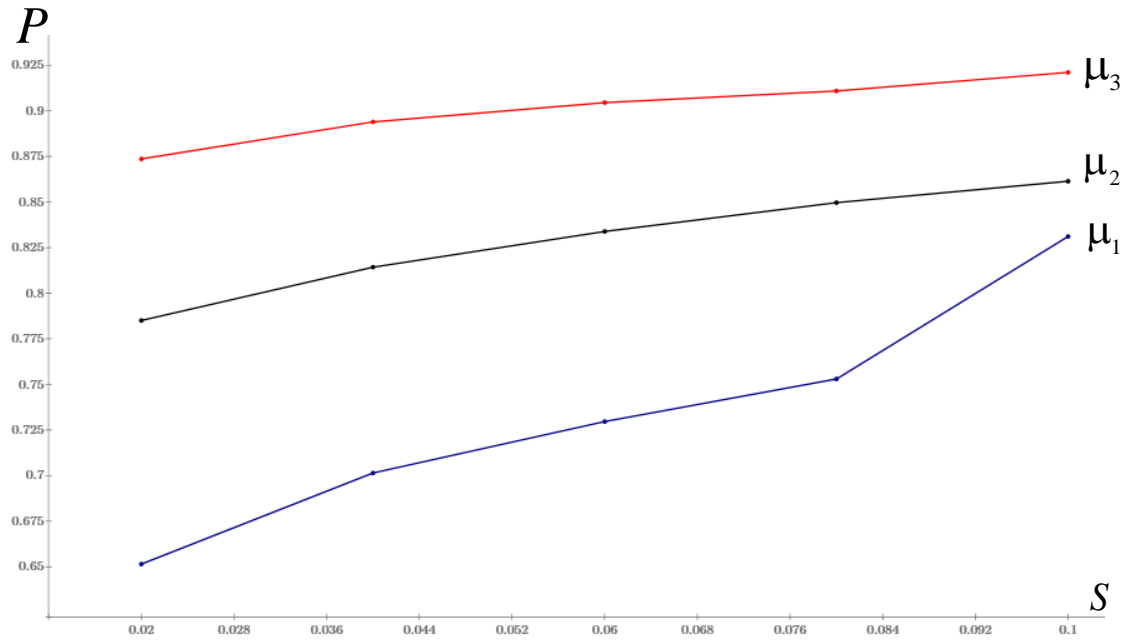


Рисунок 3.11 – Залежності ймовірності правильної постановки діагнозу від ступеня пошкодження об'єкту S і кількості майстрів μ

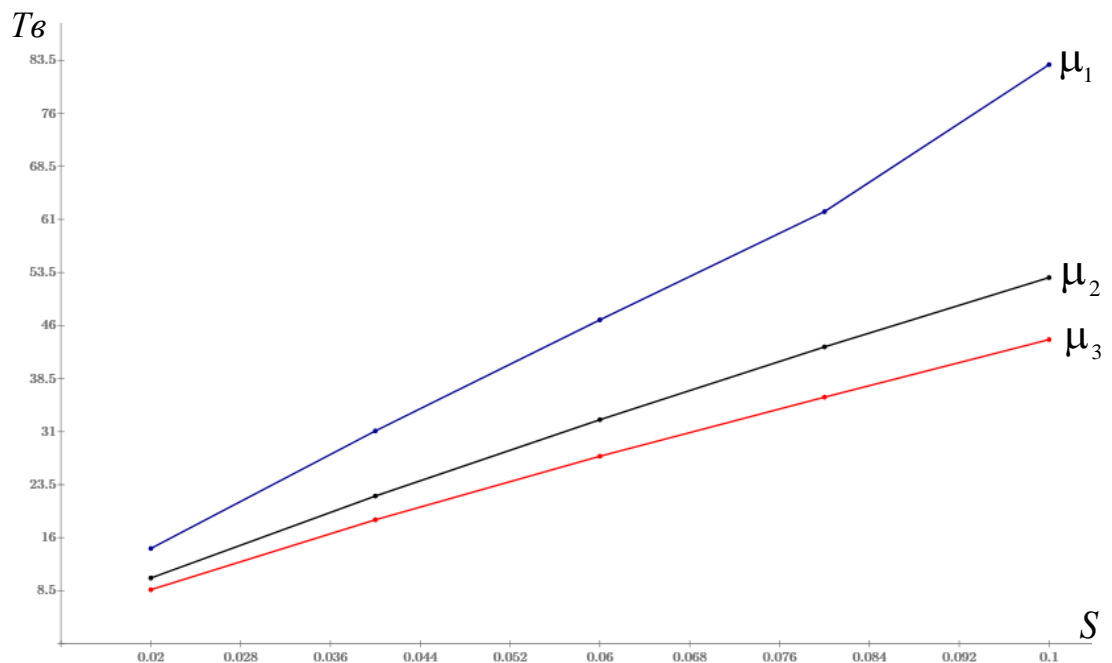


Рисунок 3.12 – Залежності середнього часу відновлення об'єкту від ступеня пошкодження об'єкту S і кількості майстрів μ

3.3. Науково-методичні рекомендації щодо практичного використання результатів дослідження

Запропоновані в цьому розділі методи доцільно використовувати під час удосконалення МЗ існуючих ЗСЗ, або під час створення нових зразків, з метою задоволення вимог до середнього часу відновлення при мінімальних витратах на ЗВТ.

Забезпечення досить високого рівня ефективності використання Державної системи спеціального зв'язку та захисту інформації України можливо при комплексному рішенні завдань розробки перспективних та експлуатації існуючих зразків ЗСЗ при їх відповідному технічному та метрологічному забезпеченні з мінімізацією витрат на ТО, ПР, а також усунення аварійних та бойових пошкоджень. Рішення цієї задачі потребує не тільки підготовки фахівців з експлуатації і ремонту ЗСЗ, а й створення необхідної матеріально-технічної бази, причому вагому частину її вартості складають ЗВТ. Тому задача обґрунтованого вибору складу ЗВТ для АЗ і ремонтних органів є досить актуальною, яку виконують з метою забезпечення необхідних вимог з надійності та ремонтпридатності ЗСЗ при мінімальній вартості ЗВТ. Ці завдання для мирного та воєнного часу вирішують запропоновані в роботі методи, блок-схема алгоритму яких на різних етапах життєвого циклу ЗСЗ приведена на рис. 3.13.

Прийняті обмеження та припущення при реалізації методик повністю відповідають умовам технічної експлуатації, ТО, ПР та усунення кратних дефектів ЗСЗ штатними екіпажами апаратних зв'язку або АТЗ в польових умовах.

Експериментальна перевірка отриманих методичних рекомендацій щодо поліпшення МЗ існуючих ЗСЗ проведена в 10 територіальному вузлі урядового зв'язку (смт. Миропіль) та Державному науково-дослідному інституті Спеціального зв'язку, що підтверджено відповідними актами реалізації наукових результатів (Додаток Б).

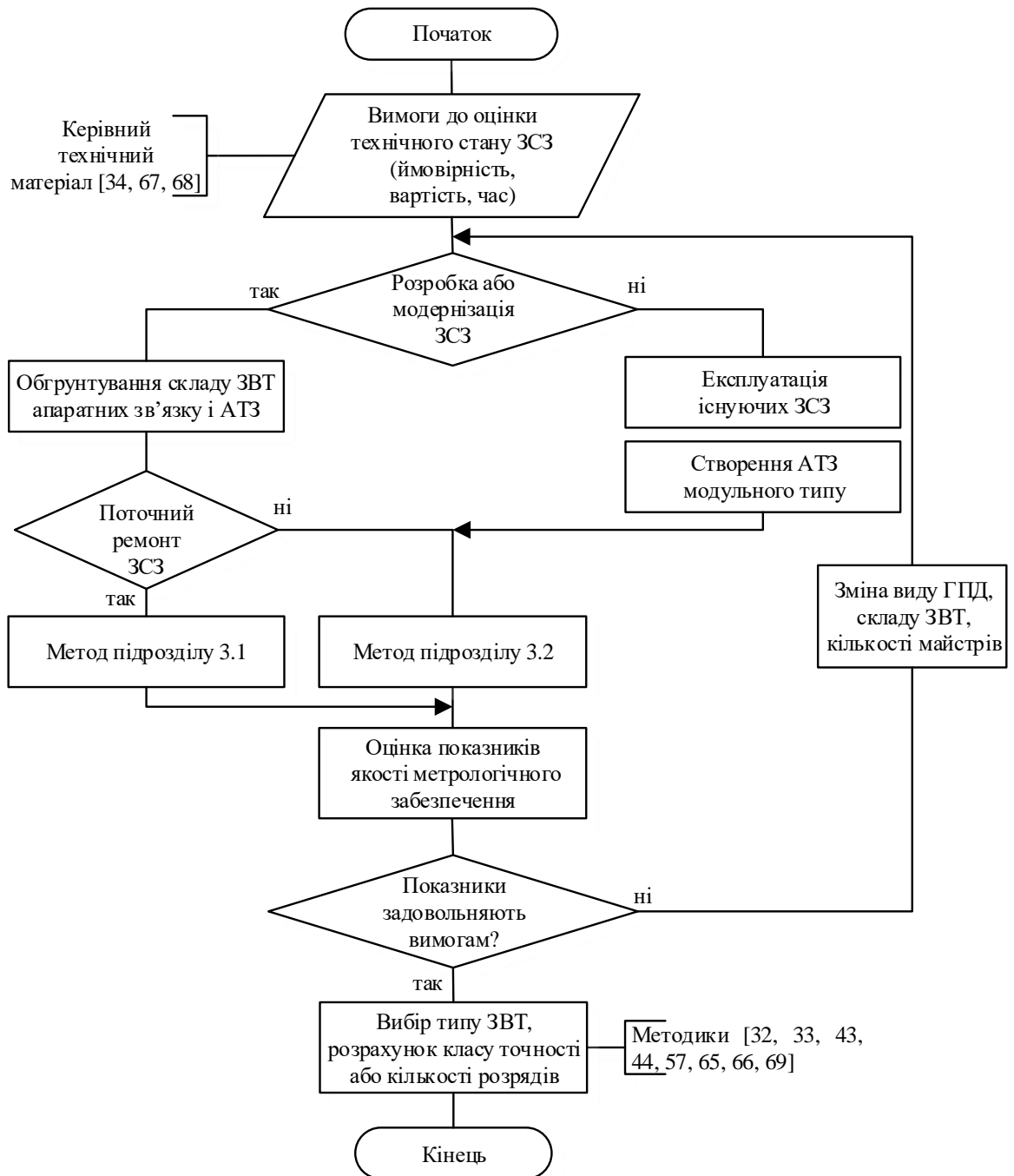


Рисунок 3.13 – Блок-схема алгоритму використання отриманих в роботі методів під час розробки або експлуатації засобів спеціального зв'язку

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 ДЗ, 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 МЗ 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 (Додаток А), що дозволяє їх використання в наукових установах та промисловості України.

Висновки до розділу

1. На основі аналізу сучасної технічної літератури і використання отриманих в розділі 2 нових наукових результатів у вигляді функціональних залежностей МХ ЗВТ від керованих змінних отримано удосконалені методи формування вимог до ЗВТ параметрів ЗСЗ під час їх ТО, ПР та відновлення працездатності після отримання аварійних або бойових пошкоджень екіпажами АЗ або АТЗ.

2. З метою підтвердження працездатності отриманих наукових результатів проведено їх експериментальне дослідження на прикладі сучасної станції тропосферного зв'язку Р-423 в 10 територіальному вузлі урядового зв'язку (сmt. Миропіль), що дозволило підвищити ефективність праці екіпажу під час діагностування за рахунок раціональної групової діяльності та використання ЗВТ з мінімально необхідними МХ при забезпеченні вимог до необхідного часу відновлення під час ремонту агрегатним методом.

3. Достовірність отриманих результатів забезпечується коректним використанням вихідних даних, отриманих з практики експлуатації ЗСЗ в реальних умовах, обґрунтованою постановкою завдання і зведенням результатів до відомих в окремих випадках, обґрунтуванням обмежень та припущень, які відповідають умовам застосування розроблених методів, використанням апробованого математичного апарату та підтверджується аналітично, а також тим, що отримані розрахункові результати не суперечать відомим на сьогоднішній день та мають ясне фізичне тлумачення.

4. За результатами проведеної техніко-економічної оцінки встановлено, що:

використання першого методу дозволило виключити недостатньо ефективний вид ГПД, обґрунтувати доцільність сумісної діяльності екіпажу під час поточного ремонту Р-423 і знизити середній час відновлення на 6,4% в порівнянні з найкращими з відомих методик;

використання другого методу під час відновлення Р-423 зі слабким ступенем пошкодження дозволило обґрунтовано обрати вид ГПД, який на 43% скорочує час відновлення агрегатним методом в порівнянні з іншими;

в обох випадках на 3 % знижено вимоги до ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки.

Застосування розроблених методів до інших зразків ЗСЗ буде давати відповідно інший ефект.

5. Проведення експериментального дослідження отриманих наукових результатів дозволило розробити рекомендації щодо їх практичного використання. Позитивно, що не тільки формалізовано діяльність фахівців під час реалізації методів, а отримане їх програмне забезпечення, що дозволяє використання нових наукових результатів у наукових установах під час модернізації існуючих, або розробки перспективних зразків ЗСЗ для їх ефективного МЗ з застосуванням сучасних досягнень теорії дискретного пошуку при відновленні працездатності.

Основні наукові результати розділу опубліковано в [2, 5, 6, 17] і доповідались на наукових конференціях [9, 13-16].

ВИСНОВКИ

У дисертації приведені теоретичні 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 слабкого 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 (сmt. 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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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 забезпеченнях / 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. 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.

8. 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.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. 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 // XIX 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.

13. 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.

14. Ходич О.В. Методика обґрунтування кількості і спеціалізації робочих місць ремонтного органу військової техніки зв'язку / .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.

15. 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.

16. 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.

17. Обґрунтування комплексу заходів щодо модернізації існуючих пересувних лабораторій вимірювальної техніки Повітряних Сил Збройних Сил України: Звіт про НДР (заключний) / Харківський університет Повітряних Сил. – Діагностика-15. – Х., 2015. – 141 с. (всього – 141 стор., авторів 12, керівник О.І. Тімочко) (д/р 0101U001894).

18. Створення виробничих підрозділів метрологічного обслуговування засобів вимірювальної техніки Повітряних Сил Збройних Сил України для випробування та визначення якісних характеристик ПММ: Звіт про НДР

(заключний) / Харківський університет Повітряних Сил. – Реактив. – Х., 2016. – 92 с. – (всього – 92 стор., авторів 14, керівник О.І. Тімочко) (ДР № 0101U002036).

19. Біла книга 2014 Збройні Сили України [Текст] / [авт. тексту Експертна комісія Міністерства оборони України та Генерального штабу Збройних Сил України]. – К.: МО України, 2015. – 85 с.

20. Флейшман Б.С. Основы системологии / Б.С. Флейшман – М.: Наука, 1982. – 386 с.

21. Грановский В.А. Динамические измерения: Основы метрологического обеспечения / В.А. Грановский – Л.: Энергоавтомиздат, 1984. – 175 с.

22. Квейд Э. Анализ сложных систем / Э. Квейд. – М. : Сов. радио, 1969. – 196 с.

23. Рижов Є.В. Формування структурно-функціональної організації системи метрологічного обслуговування засобів зв'язку сухопутних військ / Є.В. Рижов, М.Ю. Яковлев, О.І. Лещенко // Третя науково-практична конференція молодих учених і студентів «Інформаційно-вимірювальні технології, технічне регулювання та менеджмент якості: стан, досягнення і перспективи» – Одеса: ОДАТРЯ, 2012. – С. 144–145.

24. Яковлев М.Ю. Забезпечення експлуатації засобів вимірювальної техніки військового призначення : Монографія / М.Ю. Яковлев, А.О. Левченко, . – Львів : ЛІСВ НУ “ЛП”, 2008. – 241 с.

25. Кузнецов І.Б. Організація метрологічного забезпечення військ (сил): навч. посібн. у 2-х частинах. Ч.1 / І.Б. Кузнецов, П.М. Ябловський. – К.: НУОУ, 2009. – 356 с.

26. Рижов Є.В. Підхід до вибору засобів вимірювальної техніки військового призначення для метрологічного обслуговування військової техніки зв'язку / М.Ю. Яковлев, Є.В. Рижов // Військово-технічний збірник Академії СВ. – 2014. – № 1(10). – С. 119–127.

27. Наказ Міністра оборони України від 15 грудня 2006 року N 731 "Положення про проведення метрологічної експертизи документації на озброєння та військову техніку". – 15 с.
28. Ксёэнз С.П. Диагностика и ремонтпригодность радиоэлектронных средств. – М.: Радио и связь, 1989. – 248 с.
29. Сакович Л.Н. Выбор средств измерений согласно требований к ремонтпригодности средств связи / Л.Н. Сакович, В.Н. Дзюба, В.П. Павлов // Зв'язок. – 2003. – №2. – С.23–25.
30. Теоретические и прикладные задачи диагностирования средств связи и автоматизации / Под ред. С.П. Ксёэнза. – Л.: ВАС, 1990. – 336 с.
31. Сакович Л.Н. Определение метрологических характеристик средств измерений для обслуживания и ремонта средств связи / Л.Н. Сакович, В.Н. Дзюба, В.П. Павлов // Зв'язок. – 2003. – №5. – С.17–19.
32. Типовые методики метрологической экспертизы образцов и комплексов вооружения и военной техники (рекомендательные). В 4 кн. / Кн. 1: Методика метрологической экспертизы тактико-технического задания на опытно-конструкторскую работу. – МО СССР. – М.: Воениздат, 1985. – 16 с.
33. Типовые методики метрологической экспертизы образцов и комплексов вооружения и военной техники (рекомендательные). В 4 кн. / Кн. 2: Методика оценки обоснованности выбора контролируемых параметров и их допустимых отклонений. – МО СССР. – М.: Воениздат, 1985. – 37 с.
34. Типовые методики метрологической экспертизы образцов и комплексов вооружения и военной техники: В 4 кн. / Кн. 3: Методика оценки единства, точности измерений и достоверности контроля параметров. – МО СССР. – М.: Воениздат, 1986. – 68 с.
35. Типовые методики метрологической экспертизы образцов и комплексов вооружения и военной техники: В 4 кн. / Кн. 4: Методика оценки качества средств и систем измерений и контроля. – МО СССР. – М.: Воениздат, 1986. – 61 с.

36. Воронін А.В. Методика визначення кількості вимірюваних параметрів радіоелектронної апаратури при експлуатації авіаційної техніки за станом / А.В. Воронін, М.В. Гудков // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС. – 2011. – Вип. 2 (92). – С. 68–70.

37. Віткін Л.М. Методика оптимізації контрольованих параметрів якості продукції у процесі метрологічної експертизи технічної документації / Л.М. Віткін, В.У. Ігнаткін, В.А. Литвиненко, О.І. Білий // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС. – 2009. – Вип. 6 (80). – С. 149–155.

38. Хижняк В.В. Метод оптимизации измеряемых параметров сложных технических комплексов на основе атрибутированного бинарного дерева / В.В. Хижняк, С.В. Герасимов, И.Е. Бакулин // Український метрологічний журнал. – 2009. – № 4. – С. 45–49.

39. Яковлев Ю.Н. Метрологическая экспертиза технической документации / Ю.Н. Яковлев, Н.Г. Глушкова, Н.Я. Медовикова [и др.]. – М.: Изд-во стандартов. – 1992. – 184 с.

40. Сакович Л.Н. Выбор параметров и последовательности их измерения при техническом обслуживании средств связи по состоянию / Л.Н. Сакович, Р.А. Бобро // Зв'язок. – 2006. – №3. – С.54–56.

41. Метрологическое обеспечение и эксплуатация измерительной техники / Под ред. В.А. Кузнецова. – М.: Радио и связь, 1990. – 240 с.

42. Наказ Міністра оборони України від 15 грудня 2006 року N 731 "Положення про проведення метрологічної експертизи документації на озброєння та військову техніку". – 15 с.

43. Сакович Л.Н. Выбор средств измерений согласно требований к ремонтпригодности средств связи / Л.Н. Сакович, В.Н. Дзюба, В.П. Павлов // Зв'язок. – 2003. – №2. – С.23-25.

44. Сакович Л.Н. Определение метрологических характеристик средств измерений для обслуживания и ремонта средств связи / Л.Н. Сакович, В.Н. Дзюба, В.П. Павлов // Зв'язок. – 2003. – №5. – С.17-19.

45. Сакович Л.Н. Выбор средств измерений для технического обслуживания и текущего ремонта оборудования систем защиты информации / Л. Сакович, В. Рыжаков, В. Павлов // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення систем захисту інформації в Україні. Вип. №7. – К.:НТУУ "КПІ". – 2003. – С. 77-85.

46. Сакович Л. Выбор параметров и последовательности их измерения при техническом обслуживании аппаратуры систем защиты информации по состоянию / Л. Сакович, Р. Бобро // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення систем захисту інформації в Україні. Вип. №10. – К.:НТУУ "КПІ". – 2005. – С. 176-180.

47. Сакович Л.М. Обґрунтування послідовності і кількості параметрів для метрологічного обслуговування техніки зв'язку / Л.М. Сакович, М.Ю. Яковлев // Зв'язок. – 2014. – №1. – С.14-19.

48. Рижов Є.В. Підхід до вибору засобів вимірювальної техніки військового призначення для метрологічного обслуговування військової техніки зв'язку / М.Ю. Яковлев, Є.В. Рижов // Військово-технічних збірник Академії СВ. – 2014. – № 1 (10). – С. 119-127.

49. Сакович Л.Н. Обоснование глубины поиска дефектов встроенными средствами диагностирования в технике связи / Л.Н. Сакович, Ю.С. Василюк // Зв'язок. – 2008. – №3. – С.56-59.

50. Сакович Л.М. Методика визначення вимог до метрологічних характеристик засобів вимірювання діагностичних параметрів техніки зв'язку для забезпечення її ремонтпридатності / Л.М. Сакович, Ю.С. Василюк // Зв'язок. – 2015. – №3. – С.47-53.

51. Сакович Л.М. Методика розробки діагностичного забезпечення поточного ремонту техніки зв'язку з комплексним використанням її надлишковості / Л.М. Сакович, Ю.С. Василюк // Зв'язок. – 2016. – №2. – С.48-

52. Сакович Л.Н. Количественная оценка вероятностных характеристик диагностических ошибок при ремонте техники связи / Л.Н. Сакович, В.П. Романенко // Зв'язок. – 2011. – №4. – С.60-62.

53. Сакович Л.М. Моделирование процессу группового поиска дефектов под час ремонту техники зв'язку / Л.М. Сакович, В.П. Романенко // Зв'язок. – 2012. – №2. – С.58-62.
54. Сакович Л.М. Моделирование процесу группового поиска дефектов при ремонті технічних об'єктів телекомунікаційних систем / Л.М. Сакович, В.П. Романенко // Зв'язок. – 2014. – №4. – С.33-38.
55. Романенко В.П. Методика розробки діагностичного забезпечення групового поиска дефектов при ремонті техніки зв'язку в польових умовах / В.П. Романенко, Л.М. Сакович // Зв'язок. – 2015. – №2. – С.53-56.
56. Сакович Л.Н. Выбор параметров и последовательности их измерения при техническом обслуживании средств связи по состоянию / Л.Н. Сакович, Р.А. Бобро // Зв'язок. – 2006. – №3. – С.54-56.
57. Сакович Л.Н. Количественная оценка достоверности диагностирования при устранении аварийных повреждения техники связи / Л.Н. Сакович, Ю.П. Вансович // Зв'язок. – 2010. – №2. – С.47-49.
58. Волынский А.А. Разработка экспертных систем технического диагностирования средств связи и автоматизации / А.А. Волынский, В.Ф. Шаповалов, Л.Н. Сакович. – К.: КВВИУС, 1987. – 228 с.
59. Изыскание научно-технических путей повышения эффективности систем технического обслуживания и ремонта военной техники связи. Отчет о НИР "Кондиция" ГОКБ "ЮГ". – К.: 1994. – 326 с
60. Мервинский А.И. Методики определения технического состояния средств и комплексов правительственной связи: Дис. канд. техн. наук: 20.02.17. – К, 1999. – 237 с.
61. Мервінський О.І. Методика розробки алгоритмів визначення технічного стану систем і комплексів урядового зв'язку / Збірник наукових праць. – Вип.№3. – К. – ЦНДІ ЗС України. – 1999. – С. 69–80.
62. Иващенко А.В., Сыпченко Р.П. Основы моделирования сложных систем на ЭВМ / А.В. Иващенко, Р.П. Сыпченко. – Л.: ЛВВИУС, 1988. – 272с.

63. Чуев Ю.В., Спехова Г.П. Технические задачи исследования операций. – М.: Сов. радио. –М.: 1971. – 244 с.
64. Требования к ремонтпригодности вновь разрабатываемых и модернизируемых средств связи. РТМ. – М.: Воениздат, 1982. – 51 с.
65. Требования по надежности к вновь разрабатываемой и модернизируемой военной технике связи и АСУ. Руководящий технический материал. М.: Воениздат, 1989. - 48 с.
66. 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.
67. Бортнік Л.Л. Аналіз методів зменшення пік-фактора OFDM сигналів / Л.Л. Бортнік, О.О. Климович, О.В. Ходич // Науково-технічний семінар «Геоінформаційні системи та інформаційні технології у військових і спеціальних задачах». – Львів, 28 січня 2014 року. – АСВ. – 2014. – С. 44.
68. 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.
69. Ксенз, С.П., Полтаржицкий М.И., Алексеев С.П., Минзев В.В. Борьба с диагностическими ошибками при техническом обслуживании и и ремонте систем управления святы и навигации. – СПб.: ВАС, 2010. – 210 с.
70. Dubrova, E. Fault tolerant design: an introduction \ E. Dubrova [Електронний ресурс]: Department of Microelectronics and Information Tehnology Royal Institute of Tehnology. – Режим доступу: [http:// ceit.ant.ac.ir /denghan/ Conrse/SET/SFT – Full2006/Lectures/draft.pdf](http://ceit.ant.ac.ir/denghan/Conrse/SET/SFT-Full2006/Lectures/draft.pdf) – Дата доступу: грудень 2008 – Назва з екрану.

71. Sinnadurai, N. Sistem reliability. Commercialization of Military and Space Electronics: Materials of Working shop meeting (Nice, 28/09/98), pp. 115-119.
72. Острейковский, В.А. Теория надежности. – М.: Высшая школа, 2003 – 463 с.
73. Половко, А.М. Основы теории надежности/А.М. Половко, С.В. Гуров. – 2-е изд. – СПб.: БХВ – Петербург, 2006. – 704 с.
74. Креденцер, Б.П. Прогнозирование надежности с временной избыточностью / Б.П. Креденцер. – К.: Наукова думка, 1978. – 240 с.
75. Креденцер Б.П. Математична модель технічного обслуговування техніки тривалого зберігання при наявності почасової надмірності / Б.П. Креденцер, В.І. Кривцун// Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ». – Вип.№ 1, 2005. – С.75-80.
76. Сакович Л.Н. Использование избыточности техники связи для повышения эффективности диагностирования /Л.Н. Сакович, Ю.С. Василюк// Зв'язок. – 2007. - № 2. – С. 54-57.
77. Сакович, Л.Н. Техническое диагностирование многорежимных объектов /Л.Н. Сакович, А.И. Мервинский// Электроника и связь. – 1999. - № 1. – С. 45-50.
78. Сакович, Л.М. Застосування неоднорідних умовних алгоритмів діагностування під час ремонту техніки зв'язку агрегатним методом/ Л.М. Сакович, О.А. Курченко// Зв'язок. – 2001. - № 5. – С. 23-26.
79. Жердєв, М.К. Діагностична модель цифрового радіоелектронного компонента техніки зв'язку в разі використання електромагнітного методу діагностування /М.К. Жердєв, Л.М. Сакович, С.Г. Глухов, В.В. Шевченко// Зв'язок. – 2012. - № 4. – С. 40-43.
80. Сакович, Л.М. Методика визначення вимог щодо метрологічних характеристик засобів вимірювання діагностичних параметрів техніки зв'язку для забезпечення її ремонтпридатності // Л.М. Сакович, Ю.С. Василюк // Зв'язок. – 2015. - № 3. – С. 47-53.

81. Сакович, Л.М. Методика розробки діагностичного забезпечення поточного ремонту техніки зв'язку з комплексним використанням її надлишковості // Л.М. Сакович, Ю.С. Василюк // Зв'язок. – 2016. - № 2. – С. 48-55.
82. Керівництво з технічного забезпечення зв'язку та автоматизації управління військами Збройних Сил України / Дзюба В.М., Ковальчук Є.Д., Рижаків В.А., Сакович Л.М і інші. – К.: Воєнне видавництво, 2003. – 259 с.
83. Рыжаків В.А. Групповой зонный поиск кратных дефектов при ремонте техники связи / В.А. Рыжаків, Л.Н. Сакович // Зв'язок. – 2005. – №1. – С.57-60.
84. Сакович Л.Н. Совместный групповой поиск кратных дефектов при ремонте техники связи / Л.Н. Сакович, В.А. Рыжаків // Зв'язок. – 2005. – №2. – С.59-62.
85. Сакович Л.Н. Определение численности специалистов при восстановлении работоспособности техники связи с аварийными повреждениями / Л.Н. Сакович, Р.А. Бобро // Зв'язок. – 2006. – №1. – С.41-44.
86. Сакович Л.М. Моделювання процесу групового пошуку дефектів під час ремонту техніки зв'язку / Л.М. Сакович, В.П. Романенко // Зв'язок. – 2012. – №2. – С.58-62.
87. Сакович Л.М. Моделювання процесу групового пошуку дефектів при ремонті технічних об'єктів телекомунікаційних систем / Л.М. Сакович, В.П. Романенко // Зв'язок. – 2014. – №4. – С.33-38.
88. Романенко В.П. Модель процесу групового пошуку дефектів під час ремонту військової техніки зв'язку / В.П. Романенко, Л.М. Сакович // Озброєння та військова техніка. – 2014. – №4. – С.49-54.
89. Романенко В.П. Методика розробки діагностичного забезпечення групового пошуку дефектів при ремонті техніки зв'язку в польових умовах / В.П. Романенко, Л.М. Сакович // Зв'язок. – 2015. – №2. – С.53-56.
90. Сакович Л.М. Формалізація процесу розробки алгоритмів паралельного пошуку дефектів з взаємним обміном інформації про результати / Л.М.

Сакович, В.П. Романенко // Системи обробки інформації. – Харків: ХУПС. – 2015. – Вип. 9(134). – С.57-61.

91. Яковлев М.Ю. Методика обґрунтування метрологічних характеристик засобів вимірювальної техніки військового призначення для метрологічного обслуговування військової техніки зв'язку / М.Ю. Яковлев, Ю.Б. Прібилев, Є.В. Рижов // Труды Університету: зб. наук. праць / НУОУ. – 2014. – № 2 (123). – С. 65-73.

92. Яковлев М.Ю. Підхід до вибору засобів вимірювальної техніки військового призначення для метрологічного обслуговування військової техніки зв'язку / М.Ю. Яковлев, Є.В. Рижов // Військово-технічних збірник Академії СВ. – 2014. – № 1 (10). – С. 119-127.

93. Рыжаков В.А. Методики обеспечения ремонтпригодности военной техники связи Вооруженных Сил Украины: дис. канд. наук: 20.02.14. – К., 2000. – 235 с.

94. Тимочко О.І. Багатоцільові комплекси засобів автоматизації пунктів управління тактичного та оперативного-тактичного рівня Повітряних Сил : навч. посіб. / О.І. Тимочко, Н.О. Королюк, М.А. Павленко, О.В. Ходич. – Х.: ХУПС, 2013. – 232 с.

95. ДСТУ 2389-94 Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення. Чинний від 1995.01.01. – К.: Державний стандарт України, 1994. – 20 с.

96. Рижак В.А. Кількісне оцінювання діагностичних помилок під час поточного ремонту техніки зв'язку / В.А. Рижак, Л.М. Сакович // Зв'язок. – 2005. – №3. – С.45-50.

97. Сакович Л.Н. Количественная оценка достоверности диагностирования при устранении аварийных повреждения техники связи / Л.Н. Сакович, Ю.П. Вансович // Зв'язок. – 2010. – №2. – С.47-49.

98. Сакович Л.Н. Повышение эффективности агрегатного метода ремонта техники связи / Л.Н. Сакович, Ю.Н. Елисов // Зв'язок. – 1995. – №1. – С.47-48.

99. Елисов Ю.Н. Методики синтеза алгоритмов диагностирования военной техники связи и автоматизации: дис. канд. наук: 20.01.09. – К., 1997. – 297 с.

100. Лихачёв А.М. Метод обоснования требований по ремонтпригодности к комплексам средств связи с учетом их эксплуатации в чрезвычайных ситуациях / А.М. Лихачёв, В.Е. Кузнецов, В.В. Могильный // Информация и космос. – 2004. – №3. – С.18-22.

101. Сакович Л.Н. Моделирование процесса ремонта техники связи с аварийными повреждениями / Л.Н. Сакович, В.П. Павлов // Зв'язок. – 2004. – №3. – С.54-58.

102. Сакович Л.Н. Моделирование процесса ремонта оборудования систем защиты информации с аварийными повреждениями / Л.Н. Сакович, В.П. Павлов, В.А. Рыжаков // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення систем захисту інформації в Україні. Вип. №8. – К.:НТУУ "КПІ". – 2004. – С. 10-19.

103. Сакович Л.Н. Дефектация техники связи с аварийными повреждениями / Л.Н. Сакович, В.П. Павлов // Зв'язок. – 2004. – №7. – С.52-56.

104. Сакович Л.Н. Алгоритмизация и формализация процесса дефектации оборудования систем защиты информации с аварийными повреждениями / Л.Н. Сакович, В.П. Павлов // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення систем захисту інформації в Україні. Вип. №9. – К.:НТУУ "КПІ". – 2004. – С. 168-180.

105. Павлов В.П. Методики дефектации военной техники связи при неплановых ремонтах: дис. канд. наук: 20.02.14. – К., 2006. – 182 с.

106. Рижов Є.В. Підхід до вибору засобів вимірювальної техніки військового призначення для метрологічного обслуговування військової техніки зв'язку / М.Ю. Яковлев, Є.В. Рижов // Військово-технічних збірник Академії СВ. – 2014. – № 1 (10). – С. 119-127.

107. Сакович Л.М. Обґрунтування мінімально необхідного значення ймовірності правильної оцінки результату виконання вимірювань параметрів

військової техніки зв'язку / Л.М. Сакович, М.Ю. Яковлев // ЦНДІ ОВТ: Озброєння та військова техніка. – 2015. – №1 (5). – С.29-34.

108. Засоби радіорелейного зв'язку : навч. посіб. / С.В. Женжера, О.М. Чекунова, В.І. Булаєнко, О.В. Ходич, В.О. Палій. – Х.: ХУПС, 2015. – 128 с.

109. Кононов В.Б. Основи експлуатації засобів вимірювальної техніки військового призначення в умовах АТО / В.Б. Кононов, С.В. Водалажко, О.В. Коваль та інш. – Х.: ХНУПС, 2017. – 288 с.

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

111. Тимочко О.І. Багатоцільові комплекси засобів автоматизації пунктів управління тактичного та оперативного-тактичного рівня Повітряних Сил : навч. посіб. / О.І. Тимочко, Н.О. Королюк, М.А. Павленко, О.В. Ходич. – Х.: ХУПС, 2013. – 232 с.

112. Засоби радіорелейного зв'язку : навч. посіб. / С.В. Женжера, О.М. Чекунова, В.І. Булаєнко, О.В. Ходич, В.О. Палій. – Х.: ХУПС, 2015. – 128 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Програмне забезпечення реалізації методики обґрунтування вимог до засобів вимірювань параметрів засобів спеціального зв'язку під час їх технічного обслуговування і поточного ремонту

```
#include <iostream>
#include <cmath>
#include <locale>
#include <stdio.h>
#include "factor.h"
using namespace std;
int main(){
    setlocale(LC_ALL , "");
    double L=0,
    ty=5,
    ju=3,
    Tv=20,
    p,
    jp,
    P,
    T,
    a,
    b,
    c,
    d,
    k1=2,
    k2=4,
    t1=0.5,
    t2=2,
    p1=0.995,
    p2,
    t=3,
    K,
    Z=3,
    l=16,
    B=4,
    r=1,
    m=2,
    N,
    n=2;
    int M=3,D=3,U=2;
    bool BCD = false;
start:
```

```

L += 20;
/*cout<<"Введите значение - L: ";cin>>L;
cout<<"Введите значение - ty: ";cin>>ty;
cout<<"Введите значение - ju: ";cin>>ju;
cout<<"Введите значение - Tv: ";cin>>Tv;*/
if(ju==1){
    if(BCD==true){
        /*cout<<"Введите значение - k1: ";cin>>k1;
        cout<<"Введите значение - k2: ";cin>>k2;
        cout<<"Введите значение - M: ";cin>>M;
        cout<<"Введите значение - t1: ";cin>>t1;
        cout<<"Введите значение - t2: ";cin>>t2;
        cout<<"Введите значение - p1: ";cin>>p1;*/
        p2=0.6;
start1:
        P = 1.0*(pow(p1,k1)*pow(p2,k2));
        T=1.0*((k1*t1 +k2*t2 + ty)/P);
        if(T>Tv){
start2:
            p2+=0.001;
            if(p2>1.000)goto start;
            else goto start1;
        }
        a=0,b=0,c=0,d=0;
        a = (1-p1)*pow(p1,k1-1)*pow(p2,k2);
        b = pow(p1,k1)*(1-p2)*pow(p2,k2-1);
        for ( int i=1;i<=k1;i++){
            c+=(1+fact(M-i));
        }
        c*=a;
        for ( int i=1+(int)k1;i<=k1+k2;i++){
            d+=(1+fact(M-i));
        }
        jp= 1.0*((a*c + b*d)/2);
        if (jp>0.5) goto start2;
        p=p2;
    }
    if(BCD==false){
        /*cout<<"Введите значение - t: ";cin>>t;*/
        K=1.0*(log(L)/log(2.0));
        /*cout<<"Введите значение - Z: ";cin>>Z;
        cout<<"Введите значение - l: ";cin>>l;
        cout<<"Введите значение - U: ";cin>>U;
        cout<<"Введите значение - B: ";cin>>B;
        cout<<"Введите значение - r: ";cin>>r;*/
    }
}

```

```

start3:          p=0.6;
                 if(U==1){
                   P=1.0*(pow(2-p,r)*pow(p,K));
                   T=1.0*( (t*(K+r)+ty )/P );
                 }
                 if(U==2){
                   double xxx=1.0*(K-log(B)/log(2.0));
                   P=1.0*pow(p,xxx );
                   T=1.0*( ( t*(log(L/B)/log(2.0) )+ ty )/P);
                 }
                 if(U==3){
                   P=1.0*pow(p,K);
                   T=1.0*( (K*t +ty )/P );
                 }
if (T>Tv){
  p+=0.001;
  //printf("p = %.30f",p);cout<<endl;
  if(p>1.000)goto start;
  else goto start3;
}
start4:
                 if(U==1){
                   a=1.0*(L+r+pow(2,K-r));
                   b=1.0*(L+K-1-a*r);
                   jp=1.0*( (b*(1-p)*P )/(2*p) );
                 }
                 if(U==2){
                   a=1.0*(log(L/B)/log(2.0));
                   b=1.0*(L/B+a-1);
                   jp=1.0*( (b*(1-p)*pow(p,a-1))/2 );
                 }
                 if(U==3){
                   a=1.0*(log(Z/l)/log(2.0));
                   b=1.0*(Z/l+a-1);
                   jp=1.0*( (b*(1-p)*pow(p,a-1))/2 );
                 }
if (jp>0.5){
  p+=0.001;
  if(p>1.000)goto start;
  else goto start4;
}
if(U==1){
                 P=1.0*(pow(2-p,r)*pow(p,K));
                 T=1.0*( (t*(K+r)+ty )/P );

```

```

    }
    if(U==2){
        double xxx=1.0*(K-log(B)/log(2.0));
        P=1.0*pow(p,xxx );
        T=1.0*( ( t*(log(L/B)/log(2.0) )+ ty )/P);
    }
    if(U==3){
        P=1.0*pow(p,K);
        T=1.0*( (K*t +ty )/P );
    }
}
else
{
    /*cout<<"Введите значение - D: ";cin>>D;
    cout<<"Введите значение - m: ";cin>>m;
    cout<<"Введите значение - t: ";cin>>t;*/
    if ( D == 1){
        K =1.0*( log(L/ju)/log(m));
        a = 1.0*(K*t + ty);
        if ( a>Tv) goto start;
        p = 1.0*pow(a/Tv,1/K);
        b = 1.0*(L/ju + K -1);
start5:
        if ( (1-p)*pow(p, K-1)>1/b){
start6:
            p+=0.001;
            if ( p>1.000)goto start;
            else goto start5;
        }
        T = 1.0*(a/pow(p,K));
        jp = 1.0*(( b*(1-p)*pow(p,K-1) )/2);
        if ( jp>0.5)goto start6;
        P = 1.0*pow(p,K);
    }
    else if ( D == 2 ){
        //cout<<"Введите значение - n ";cin>>n;
        N=1.0*(1+log(L/(ju*n))/log(m));
        K= 1.0*(n*ju +N);
        a = 1.0*(K*t + ty);
        if ( a > Tv)goto start;
        p = 1.0*pow(a/Tv,1/K);
        b = 1.0*(L/(n*ju)+N-1);
start7:
        if ( (1-p)*pow(p, N-1)>1/b){

```

```

start8:
    p+=0.001;
    if ( p>1.000)goto start;
    else goto start7;
    }
    T = 1.0*((K*t+ty)/pow(p,N));
    jp = 1.0*((b*(1-p)*pow(p,N-1))/2);
    if ( jp >0.5)goto start8;
    P= 1.0*pow(p,N);
    }
else
//if ( D == 3 )
{
    K=1.0*( log(L) / log(ju + 1.0));
    a=1.0*( K*t + ty);
    if (a > Tv)goto start;
    p = pow((a / Tv), (1.0 / (ju*K)));
    b = 1.0*(K + (L - 1.0) / ju);
start9:
    if ((1.0 - p)*pow(p, (ju*K - 1.0)) > (1.0 / b))
    {
start10:
        p += 0.001;
        if (p == 1) goto start;
        else goto start9;
    }
    P =1.0* pow(p, ju*K);
    T =1.0*( a / p);
    jp =1.0*( (b*(1.0 - p)*pow(p,(ju*K - 1.0))) / 2.0);
    if (jp > 0.5) goto start10;
    }
}

cout << "Значение - L: " << L << endl;
cout << "Значение - ju: " << ju << endl;
cout << "-----" << endl;
cout<<"Значение - p: "<<p<<endl;
cout<<"Значение - jp: "<<jp<<endl;
cout<<"Значение - P: "<<P<<endl;
cout << "Значение - T: " << T << endl << endl;;
if (L < 100)goto start;
system("pause");
return 0;
}

```

Програмне забезпечення реалізації методики обґрунтування вимог до засобів вимірювань апаратних технічного забезпечення для відновлення працездатності засобів спеціального зв'язку з аварійними та бойовими пошкодженнями

```

#include <iostream>
#include <cmath>
#include <locale>
#include "Round.h"
using namespace std;

int main(){
    setlocale(LC_ALL, "Russian");
    start1:

    int D,
        L = 51,
        M = 1,
        Km = 4,
        l[4] = { 0, 0, 6, 45 },
        m = 2,
        R = 2,
        Tv = 120,
        Z = 2,
        t = 3,
        ty = 5;

    double Ro, p, n, a, K, C, Kz, P, r, d, T, S;
    cout << "Enter D: "; cin >> D;
    cout << "Enter S: "; cin >> S;

    if (D == 3)
    {
        n = (M*S*L) / ((1.0 - S)*log(M + 1.0));
        a = M*(1.0 + (log(L / n) / log(M + 1.0)));
        K = S*L*(1.0 + (log(L / n) / log(M + 1))) + (n - M - 1.0) / M;
        p = ((M*t*K) + (S*L*ty)) / (M*Tv);
        p = pow(p, 1 / a);
    }
    else
    {
        C = ((1 - S) / ((2.0*L)*pow((m - 1.0), 2)))*(((m - 1) / (1 - S)) +
1.0)*(((m - 1) / (1 - S)) + m);
        if (D == 2)
        {

```

```

1)) / log(m));
    Kz = C + 2.0 * (((S*L) / Z) - 1) + ((S*L) / Z)*(log((1 - S) / S*(m -
    a = 1 + (Z*Kz) / S*L;
    K = Z*(1 + Kz) + (S*L) / Z;
    n = (S*L*(m - 1)) / (Z*(1 - S));
    p = ((t*K) + (S*L*ty)) / (R*Tv);
    p = pow(p, 1 / a);
    }
else
{
    K = C + 2.0 * ((S*L) - 1) + (S*L)*(log((1 - S) / S*(m - 1)) /
log(m));
    a = 1 + K / (S*L);
    p = ((t*K) + (S*L*ty)) / Tv;
    p = pow(p, 1 / a);
    n = (S*L*(m - 1)) / (1 - S);
    }
}
P = pow(p, a);

start2:

if (D == 3)
{
    for (int i = 0; i < Km; i++)
    {
        Ro += l[i] * (pow((M + 1), (i+1)) + (i+1)*M - 1)*pow(p,
(i+1)*M);
    }
    Ro *= (1 - p) / (2.0*M*p*L);
}
else
{
    if (D == 2)
    {
        r = (Kz / n) - 2.0;
        r -= fmod(r, 1.0);
        d = (Kz / n) - 2.0;
        d = round(d);
    }
    else
    {
        r = (K / n) - 2.0;
        r -= fmod(r, 1.0);
        d = (K / n) - 2.0;
    }
}

```



```

        d = round(d);
    }
    Ro = ((S*(1.0 - p)*pow(p, M) / 2.0)*((pow(2.0, r) - (1.0 /
S))*((pow(2.0, r) + d - 2.0) / p) + 2.0*(1 / S - pow(2.0, r))*(pow(2.0, d) + d - 1.0));
    }
    if (Ro <= 0.5)
    {
        P = pow(p, a);
        if (D == 3)
        {
            T = (M*t*K + S*L*ty) / M*P;
        }
        else if (D == 2)
        {
            T = (t*K + S*L*ty) / P*R;
        }
        else
        {
            T = (t*K + S*L*ty) / P;
        }
    }
    else
    {
        p += 0.001;
        if (p == 1.0)
        {
            cout << "\nEnter other value of vars" << endl;
            goto start1;
        }
        else
        {
            goto start2;
        }
    }

    cout << "p(small) = " << p << endl;
    cout << "Ro = " << Ro << endl;
    cout << "P(big) = " << P << endl;
    cout << "T = " << T << endl;
    cout << endl;
    goto start1;
    system("pause");
    return 0;
}

    P = pow(p, a);

```

```

        if (D == 3)
        {
            T = (M*t*K + S*L*ty) / M*P;
        }
        else if (D == 2)
        {
            T = (t*K + S*L*ty) / P*R;
        }
        else
        {
            T = (t*K + S*L*ty) / P;
        }
    }
else
{
    p += 0.001;
    if (p == 1.0)
    {
        cout << "\nEnter other value of vars" << endl;
        goto start1;
    }
    else
    {
        goto start2;
    }
}

cout << "p(small) = " << p << endl;
cout << "Ro = " << Ro << endl;
cout << "P(big) = " << P << endl;
cout << "T = " << T << endl;
cout << endl;
goto start1;
system("pause");
return 0;
}

```

Додаток Б
Акти впровадження

ЗАТВЕРДЖУЮ
Генеральний директор
ТОВ «Телекард-Прилад»
О.С.КОЗЛОВ
« 14 » _____ 20 17 р.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційної роботи Ходича Олексія Володимировича

Даний акт складений про те, що в ТОВ «Телекард-Прилад» при розробці технічної документації перспективної станції широкосмугового доступу СШД-11, реалізовано наступні результати дисертаційної роботи Ходича О.В.:

- методику формування складу метрологічних характеристик цифрових засобів вимірювальної техніки для метрологічного обслуговування техніки зв'язку спеціального призначення, застосування якої дозволило обґрунтовано обрати мінімальну кількість розрядів цифрових засобів вимірювальної техніки і застосувати новий алгоритм її реалізації;

- методику оцінювання ефективності метрологічного обслуговування техніки зв'язку спеціального призначення, що враховує специфіку їх застосування.

Реалізація зазначених методик дозволила використати значно дешевші цифрові засоби вимірювальної техніки військового призначення під час розробки документації на технічне обслуговування нових та модернізованих зразків техніки зв'язку спеціального призначення при обмеженнях на час встановлення реального технічного стану техніки зв'язку спеціального призначення.

Даний Акт не є підставою для фінансових взаєморозрахунків.

Начальник спеціального конструкторського бюро
_____ О.В.ЛОГВИНОВ

Заступник начальника спеціального конструкторського бюро
_____ Ю.П. ДЕРЕВ'ЯНКО

Заступник начальника спеціального конструкторського бюро
_____ С.Б. БАРАНОВ

Прим. № 3

ЗАТВЕРДЖЕНО

В.о. начальника Державного науково-дослідного інституту спеціального зв'язку та захисту інформації, к.т.н.

Д.Д. Вергелес

“10” травня 2018 року

**АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ**

результатів досліджень дисертаційної роботи

Ходича Олексія Володимировича в дослідно – конструкторській роботі «Створення станції тропосферного зв'язку зі складним сигналом» (ДКР, шифр «Міраж»)

Комісія у складі голови комісії – Паламарчука Андрія Андрійовича, головного наукового співробітника науково – дослідного центру ДержНДІ Спецзв'язку, к.т.н. та членів комісії – Стефанишина Ярослава Івановича, провідного інженера науково – дослідного центру ДержНДІ Спецзв'язку, Усенка Сергія Степановича провідного інженера науково – дослідного центру ДержНДІ Спецзв'язку з'ясувала, що в ДержНДІ Спецзв'язку в процесі виконання дослідно – конструкторської роботи «Створення станції тропосферного зв'язку зі складним сигналом» (ДКР, шифр «Міраж») впроваджено розроблені Ходичем Олексієм Володимировичем такі наукові результати:

1. Методика обґрунтування вимог до засобів вимірювань параметрів засобів спеціального зв'язку під час їх технічного обслуговування і поточного ремонту.

2. Методика обґрунтування вимог до засобів вимірювань апаратних технічного забезпечення для відновлення працездатності засобів спеціального зв'язку з аварійними та бойовими пошкодженнями.

Ефект від впровадження цих наукових результатів полягає в тому, що вони дозволяють на практиці:

- при поточному ремонті знизити на 6% середній час відновлення станції тропосферного зв'язку;

- в процесі ремонту агрегатним методом, при наявності кратних дефектів та слабкому ступені пошкодження, скоротити середній час відновлення станції тропосферного зв'язку на 43%, в порівнянні з найкращими з відомих методик.

Голова комісії

головний науковий співробітник науково-дослідного центру ДержНДІ Спецзв'язку, к.т.н.

“10” травня 2018 р.

Паламарчук А.А.

Члени комісії:

провідний інженер науково-дослідного центру ДержНДІ Спецзв'язку

“10” травня 2018 р.

Стефанишин Я.І.

провідний інженер науково-дослідного центру ДержНДІ Спецзв'язку

“10” травня 2018 р.

Усенко С.С.