

ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА

УДК 621.372.06+621.396.6

Л.М. Сакович¹, к.т.н., доц.,

М.Ю. Яковлев², д.т.н., с.н.с.,

Є.В. Рижов², к.т.н.,

О.В. Ходич¹

¹Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

²Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів

ФОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАСОБІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ З ВИКОРИСТАННЯМ ЇХ НАДЛИШКОВОСТІ ПІД ЧАС ПОТОЧНОГО РЕМОНТУ

У статті розглянуті варіанти використання всіх виглядів надлишковості засобів спеціального зв'язку, що суттєво скорочує час визначення її технічного стану і відновлення працездатності. Також запропоновані нові блок-схеми алгоритмів розрахунку вимог до засобів вимірювань, які використовують в діагностичному забезпеченні засобів спеціального зв'язку, що дозволяє мінімізувати їх вартість.

Ключові слова: засоби спеціального зв'язку, метрологічне обслуговування, засоби вимірювальної техніки, поточний ремонт.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз сучасної науково-технічної літератури з теорії надійності, технічної експлуатації та діагностики складних об'єктів і систем, а також особливостей схемної та конструктивної побудови засобів спеціального зв'язку (ЗСЗ), показує, що до перспективних напрямків підвищення показників експлуатаційної надійності відноситься використання різних виглядів надлишковості в інтересах забезпечення необхідного рівня ремонтпридатності та безвідмовності [1–7]. Під надлишковістю, у загальному випадку, розуміють додаткові засоби і (або) можливості більш, ніж необхідні для виконання Об'єктом заданих функцій [4].

Мета статті – обґрунтування мінімально необхідних вимог до засобів вимірювань (ЗВ), які використовують під час поточного ремонту (ПР) ЗСЗ, зі врахуванням при розробці їх діагностичного забезпечення (ДЗ) всіх виглядів надлишковості при забезпеченні потрібного значення часу відновлення працездатності ($T_{вд}$).

Виклад основного матеріалу

Сучасним ЗСЗ притаманні наступні види надлишковості, використання яких знижує середній час діагностування [8].

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 типових елементів заміни (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 [1]).

Функціональна надлишковість – можливість виконання ЗСЗ заданих функцій різними способами зі зниженням якості й ефективності (характерно для багатофункціональних і багаторежимних ЗСЗ [1, 9]).

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 виглядів надлишковості зведені в табл. 1 [8–11], де додатково використані наступні позначення:

ГЕЗ – граф інформаційно-енергетичних зв'язків;

УАД – умовний алгоритм діагностування;

МТФН – мінімальна таблиця функцій несправностей;

ТММ – теоретико-множинна модель.

Під час ПР ЗСЗ агрегатним методом необхідно виконання двох умов [1, 8–11, 12, 13]:

– середній час відновлення не перевищує припустимого значення $T_e \leq T_{eд}$;

– математичне сподівання (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).

Таблиця 1

**Особливості розробки діагностичного забезпечення
з використанням надлишковості засобів спеціального зв'язку**

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

В роботах [8, 12, 13] отримано функціональні залежності $T_{eд}$ і ρ від керованих під час розробки ДЗ ЗСЗ змінних, які наведено в таблиці 2, де:

K – середня кількість перевірок діагностичних параметрів;

p – ймовірність правильної оцінки результату перевірки;

t – середній час виконання перевірки;

t_y – середній час усунення несправностей;

l – число елементів в ТЕЗ;

Z – число елементів ЗСЗ;

L – кількість ТЕЗ в ЗСЗ;

P – ймовірність правильної постановки діагнозу;

M – максимальне значення модуля вибору УАД.

При використанні інформаційної та структурної надлишковості розглянутий двох етапний процес відновлення ЗСЗ: спочатку пошук і 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 ρ при обмеженнях $T_e \leq T_{eд}$ і $\rho \leq 0,5$ для різних варіантів використання надлишковості ЗСЗ під час розробки ДЗ приведено на рис. 1, де U – вид надлишковості, R – кількість фахівців, що реалізують ГПД.

Таблиця 2

Показники якості діагностичного забезпечення

| Вид надлишковості U | Особливості УАД | P | T _с | ρ |
|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--|
| Часова U = 1 | Повтор r перших перевірок | $(2-p)^r p^K$ | $\frac{r(K+r)+t_y}{p}$ | $\frac{P(1-p)[L+K-1-p(L+r-2^{K-r})]}{2p}$ |
| Функціональна U = 2 | Розподіл ЗСЗ на R частин | $p^{K-\log_2 R}$ | $\frac{r \log_2(L/R)+t_y}{p}$ | $0,5 \left(\frac{L}{R} + \log_2 \frac{L}{R} - 1 \right) (1-p) p^{\log_2(L/R)-1}$ |
| 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 та структурна U = 4 | Модифікований неоднорідний | $p_1^{K_1} p_2^{K_2}$ | $\frac{K_1 t_1 + K_2 t_2 + t_y}{p}$ | $0,5 \left[(1-p_1) p_1^{K_1-1} p_2^{K_2} \sum_{i=1}^{K_1} (1+(M-i)!) + p_1^{K_1} (1-p_2) p_2^{K_2-1} \sum_{i=1+K_1}^{K_1+K_2} (1+(M-i)!) \right]$ |

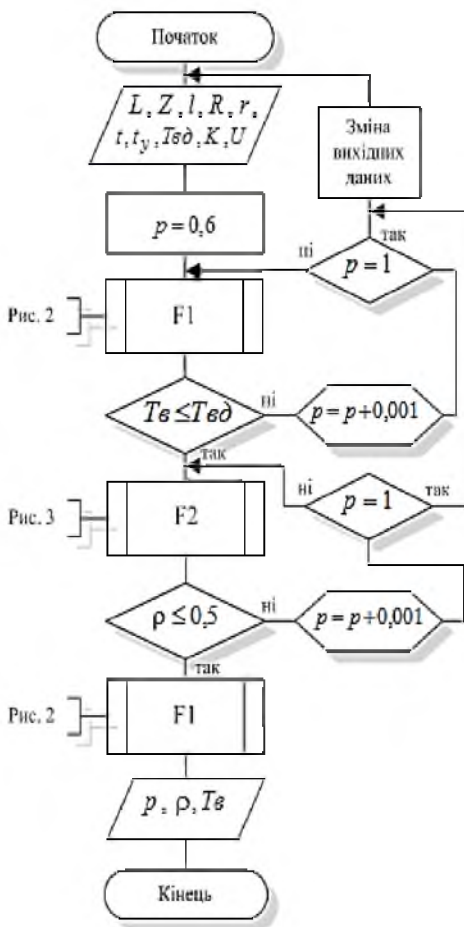


Рис. 1. Блок-схема алгоритму розрахунку мінімально припустимого значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки

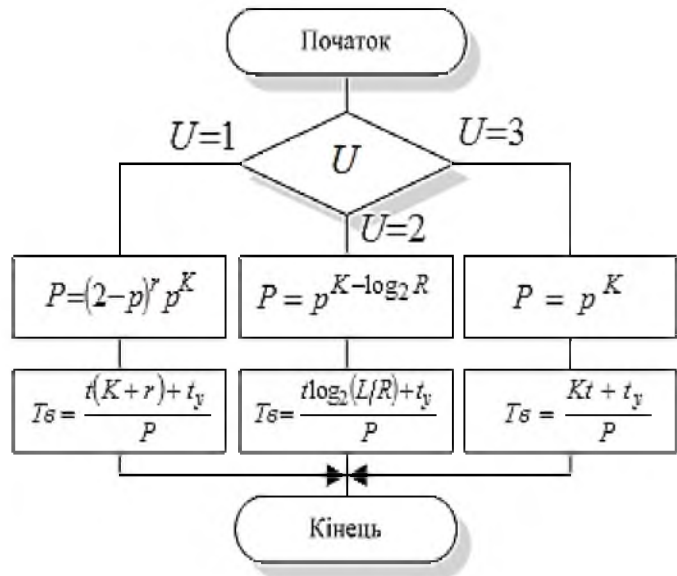


Рис. 2. Функція F1
Розрахунок середнього часу відновлення

У випадках використання інформаційної або структурної надлишковості ЗСЗ (U=4) під час діагностування використовується модифікований неоднорідний УАД з убаванням модуля вибору від M до по мірі виконання перевірок. Якщо на першому етапі пошуку використовують вбудовані засоби контролю стану ЗСЗ з відомим значенням p₁ і глибиною пошуку K₁, то мінімальне необхідне значення p₂ знаходиться в блок-схемі алгоритму рис. 4.

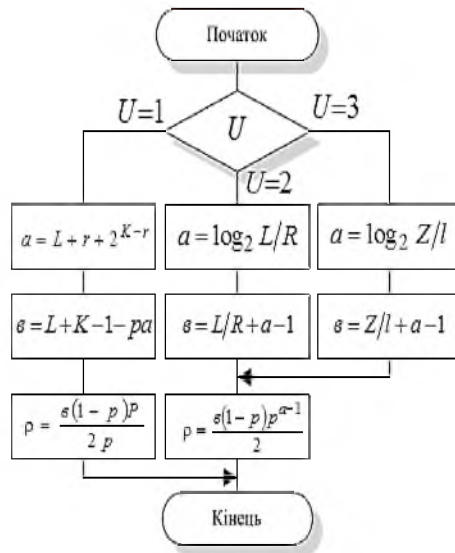


Рис. 3. Функція F2 Розрахунок математичного сподівання відхилення діагнозу

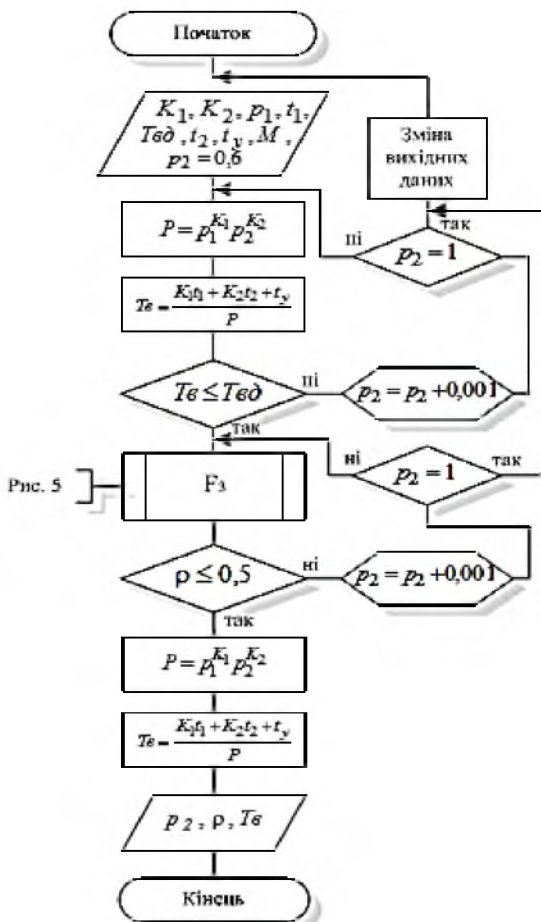


Рис. 4. Блок-схема алгоритму розрахунку мінімально припустимого значення ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки зовнішніми засобами вимірювань

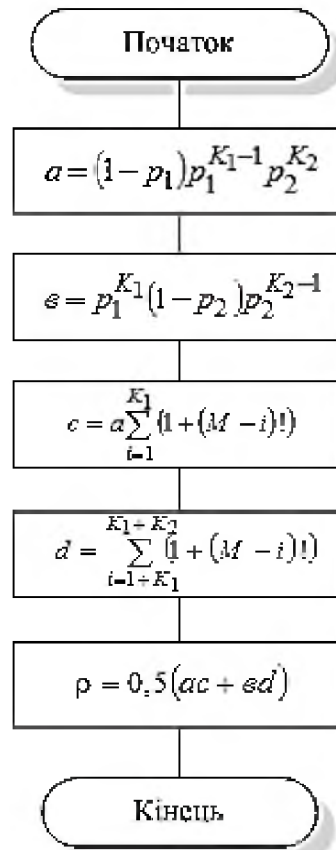


Рис. 5. Функція F3 Розрахунок математичного сподівання відхилення діагнозу

Висновки

1. Використання всіх виглядів надлишковості ЗСЗ суттєво скорочує час визначення їх технічного стану і відновлення працездатності.
2. Запропоновані нові алгоритми розрахунку вимог до ЗВ, які використовують в ДЗ ЗСЗ, що мінімізує їх вартість.
3. Отримані результати доцільно використовувати під час розробки метрологічного обслуговування модернізованих і перспективних зразків ЗСЗ, що мінімізує вартість технологічного обладнання ремонтних органів при виконанні вимог до показників якості поточного ремонту ($T_{\text{в}} \leq T_{\text{вд}}$ і $\rho \leq 0,5$).

Список використаних джерел

1. Ксенз С.П. Диагностика и ремонтпригодность радиоэлектронных средств / С.П. Ксенз. – М. : Радиосвязь, 1989. – 248с.
2. 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> – Дата доступу: грудень 2008 – Назва з екрану.
3. Sinnadurai N. Sistem reliability. Commercialization of Military and Space Electronics : Materials of Working shop meeting (Nisce, 28/09/98), pp. 115–119.
4. Острейковский В.А. Теория надежности. – М. : Высшая школа, 2003 – 463 с.
5. Половко А.М. Основы теории надежности / А.М. Половко, С.В. Гуров. – 2-е изд. – СПб. : БХВ – Петербург, 2006. – 704 с.
6. Креденцер Б.П. Прогнозирование надежности с временной избыточностью / Б.П. Креденцер. – К.: Наукова думка, 1978. – 240 с.
7. Креденцер Б.П. Математична модель технічного обслуговування техніки тривалого зберігання при наявності почасової надмірності / Б.П. Креденцер, В.І. Кривцун // Збірник наукових праць ВІПІ НТУУ КПІ. – Вип.№ 1, 2005. – С. 75–80.
8. Сакович Л.Н. Использование избыточности техники связи для повышения эффективности диагностирования / Л.Н. Сакович, Ю.С. Василюк // Зв'язок, – 2007. – № 2. – С. 54–57.
9. Сакович Л.Н. Техническое диагностирование многорежимных объектов / Л.Н. Сакович, А.И. Мервинский // Электроника и связь, – 1999. – № 1. – С. 45–50.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.

Рецензент: П.І. Ванкевич д.т.н., с.н.с., Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів.

**ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К МЕТРОЛОГИЧЕСКОМУ
ОБСЛУЖИВАНИЮ СРЕДСТВ СПЕЦИАЛЬНОЙ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ИХ ИЗБЫТОЧНОСТИ ПРИ ТЕКУЩЕМ РЕМОНТЕ**

Л.Н. Сакович, М.Ю. Яковлев, Е.В. Рыжов, О.В. Ходыч

В статье рассмотрены варианты использования всех видов избыточности средств специальной связи, что существенно сокращает время определения её технического состояния и восстановления работоспособности. Также предложены новые блок-схемы алгоритмов расчета требований к средствам измерений, используемых в диагностическом обеспечении средств специальной связи, что позволяет минимизировать их стоимость.

Ключевые слова: *средства специальной связи, метрологическое обслуживание, средства измерительной техники, текущий ремонт.*

**FORMATION OF REQUIREMENTS METROLOGICAL SPECIAL
SERVICE MEANS OF THE USE OF THEIR SURPLUS ON CURRENT REPAIRS**

L. Sakovych, M. Yakovlev, Y. Ryzhov, A. Khodych

The article describes the options for the use of all types of redundancy of special communication means, which significantly reduces the time to determine its technical condition and functionality restoration. New requirements flowchart for calculating algorithms for measuring instruments used in diagnostic support of special connection means that allows to minimize their cost are also proposed.

Keywords: *means of special communication, metrological service, measuring equipment, maintenance.*