

УДК 621.396.6

Л.М. Сакович, В.П. Романенко

Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації НТУ України "КПІ", Київ

## МЕТОДИКА РОЗРОБКИ ДІАГНОСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГРУПОВОГО ПОШУКУ ДЕФЕКТІВ ПРИ РЕМОНТІ ТЕХНІКИ ЗВ'ЯЗКУ В ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

*Запропонована формалізація процесу розробки діагностичного забезпечення ремонту техніки зв'язку з різним ступенем пошкодження і реалізацією видів групового пошуку дефектів.*

**Ключові слова:** діагностичне забезпечення, груповий пошук дефектів, умовні алгоритми діагностування.

### Вступ

**Постановка проблеми.** В даний час ремонт пошкодженої техніки зв'язку (ТЗ) здійснюється в польових умовах екіпажами апаратних зв'язку (АЗ) із залученням фахівців ремонтних органів (РО) – екіпажів апаратних технічного забезпечення (АТЗ). Для підвищення ефективності їх спільної роботи необхідно розробляти відповідне діагностичне забезпечення (ДЗ) у вигляді спеціальних діагностичних програм (ДП) групового пошуку дефектів (ГПД), яке в даний час відсутнє у складі технологічної документації РО, що затрудняє досягнення необхідних значень показників ремонтнопридатності. Ця задача, яка не вирішена у відомих роботах, вирішується у статті.

**Аналіз літератури.** Питання вдосконалення і підвищення ефективності діагностичного забезпечення радіоелектронних засобів різноманітного призначення розглянуті в наукових роботах вітчизняних і зарубіжних авторів, серед яких Ксенз С.П., Мозгалевський А.В., Креденцер Б.П., Жердев М.К., Давидов П.С., Рижаків В.А. та інші. Але ці роботи не враховують можливість помилки фахівця в оцінці результату виконання перевірки діагностичного параметру та груповий пошук кратних дефектів при відновленні працездатності об'єктів великої розмірності з рознесеними в просторі елементами.

**Мета статті** – розробка методики побудови ДП на основі використання групових однорідних або неоднорідних умовних алгоритмів діагностування (УАД) мінімальної або оптимальної форми і раціонального розміщення вбудованих засобів діагностування (ВЗД) на етапі проектування ТЗ і АЗ для мінімізації або забезпечення заданого значення середнього часу відновлення працездатності ТЗ і АЗ з різним ступенем пошкодження екіпажем АТЗ в польових умовах.

### Виклад основного матеріалу

Створення методики розробки діагностичного забезпечення групового пошуку дефектів.

Сутність методики полягає в раціональній організації спільної діяльності групи ремонтників (екіпаж АЗ або АТЗ) при пошуку дефектів в об'єктах великої розмірності або рознесених в просторі

для забезпечення необхідних значень показників ремонтнопридатності на основі використання отриманих залежностей кількісної оцінки середнього часу відновлення і достовірності діагностування від керованих змінних та формалізації рішення задачі розробки ДЗ поточного ремонту і усунення аварійних та бойових пошкоджень різного ступеню, які у відомих роботах [1 – 4] не досліджені.

Вихідні дані для використання методики отримують з аналізу схеми і конструкції виробу, умов експлуатації і ремонту, вимог керівних документів з ремонтнопридатності, відомостей про ремонт аналогічних зразків:

- L – глибина пошуку дефектів;
  - S – ступінь пошкодження ТЗ (відношення числа несправних елементів до їх загальної кількості);
  - R – число фахівців з ремонту;
  - p – імовірність правильної оцінки результату виконання перевірки;
  - t – середній час виконання перевірки;
  - $t_y$  – середній час усунення несправності;
  - $T_{вд}$  – допустиме значення середнього часу відновлення ТЗ;
  - m – модуль вибору алгоритму діагностування;
  - M – максимальне значення модуля вибору неоднорідного УАД;
  - $C_d$  – допустима вартість ремонту;
  - $c_i$  – вартість роботи фахівця кваліфікації і за одну годину.
- Обмеження по використанню методики:
- відновлення працездатності ТЗ в польових умовах із слабким і частково середнім ступенем пошкодження  $S < 0,2$ , що визначається в процесі дефектації;
  - середній час відновлення не більш допустимого  $T_B \leq T_{вд}$ ;
  - за час діагностування фахівець може допустити не більш за одну помилку в оцінці результату виконання перевірки;
  - математичне сподівання відхилення діагнозу при помилці фахівця задовольняє вимогам ремонту агрегатним методом:  $p \leq 0,5$ ;  $p_{max} \leq 1,0$ ;
  - модуль вибору перевірки не більш максимально допустимого  $2 \leq m \leq M$ ;

- число фахівців в групі не більш за число фахівців в екіпажі АЗ або АТЗ  $1 \leq \mu \leq R$ ;
  - організаційні втрати часу не враховуються;
  - середня вартість ремонту не більш допустимої  $C \leq C_d$ .
- Допущення при використанні методики:
- розглядається найбільш складний з позицій діагностування випадок рівномірного розподілу дефектів в об'єкті;
  - за час діагностування нових дефектів в об'єкті не виникає;
  - кваліфікація фахівців РО і АЗ відповідає посаді;
  - технологічне обладнання, засоби вимірювання, комплекти ЗІП у складі АТЗ завідомо справні;
  - ремонтowana ТЗ забезпечена комплектом експлуатаційної документації;
- ДЗ відповідає ступеню пошкодження об'єкту.
- Обмеження і допущення відповідають реальним умовам функціонування РО.
- Математичний апарат методики заснований на використанні методів теорії імовірностей, дискретної

- математики (теорії графів і комбінаторики) і теорії дискретного пошуку при вирішенні таких задач:
- розрахунок імовірнісних ( $P, \rho, \rho_{\max}, D_\rho, \sigma_\rho$ ), часових ( $T_B$ ) і вартісних ( $C$ ) показників якості ДЗ ремонту ТЗ;
  - розрахунок значень параметрів УАД ( $K_{\min}, K, K_{\max}$ );
  - оптимізація числа фахівців РО ( $R_0$ ) і форми УАД ( $n_0$ );
  - ділення об'єкту на оптимальне число зон пошуку дефектів ( $Z_0$ );
  - обґрунтування числа фахівців в групі при спільному пошуку дефектів ( $1 \leq \mu \leq R$ );
  - перевірка отриманих результатів на відповідність необхідним значенням і забезпечення рекомендацій по їх поліпшенню при модернізації ТЗ;
  - розробка діагностичних моделей об'єкту і перетворення алгоритмів діагностування;
  - визначення місць підключення ВЗД.
- Відомі і нові функціональні залежності, що використовуються в методиці, приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Функціональні залежності параметрів процесу групового пошуку дефектів від керованих змінних

Параметр процесу діагностування	Вид групового пошуку дефектів		
	незалежний	спільний	зонний
Трудовитрати на ремонт одного комплекту $W = T_B R$	$\frac{tK + t_y SL}{P}$	$\frac{\mu tK + t_y SL}{P}$	$\frac{tK + t_y SL}{P}$
Ймовірність правильної постановки діагнозу $P$	$p^{1+K/SL}$	$p^{\mu(1+\log_{\mu+1}(L/n))}$	$p^{1+ZK_Z/SL}$
Число груп елементів $n$ в алгоритмі діагностування	$\frac{SL(m-1)}{1-S}$	$\frac{\mu SL}{(1-S)\ln(\mu+1)}$	$\frac{SL(m-1)}{Z(1-S)}$
Загальне число перевірок $K$	$\frac{1-S}{2SL(m-1)^2} \left( \frac{m-1}{1-S} - 1 \right) \times \left( \frac{m-1}{1-S} + m \right) + 2(SL-1) + SL \log_m \frac{1-S}{S(m-1)}$	$SL \left( 1 + \log_{\mu+1} \frac{L}{n} \right) + \frac{n-\mu-1}{\mu}$	$Z(1+K_Z) + SL/Z$
Загальне число перевірок в зоні пошуку $K_Z$			$\frac{1-S}{2SL(m-1)^2} \left( \frac{m-1}{1-S} - 1 \right) \times \left( \frac{m-1}{1-S} + m \right) + 2 \left( \frac{SL}{Z} - 1 \right) + \frac{SL}{Z} \log_m \frac{1-S}{S(m-1)}$
Середній час відновлення одного комплекту $T_B$	$\frac{tK + t_y SL}{P}$	$\frac{tK + t_y SL/\mu}{P}$	$\frac{tK + t_y SL}{RP}$
Оптимальне число фахівців $R$	1	$\frac{t_y SL}{PT_{вд} - tK} = \mu$	$\frac{tK + t_y SL}{PT_{вд}}$

- Алгоритм реалізації методики складається з таких етапів:
- здобуття і аналіз вихідних даних;
  - визначення виду ГПД (незалежний, спільний, зонний);
  - вибір форми УАД залежно від ступеню пошкодження ТС;

- розрахунок значень параметрів ДЗ;
- перевірка результату розрахунку на відповідність вимогам;
- при виконанні вимог перетворення алгоритму пошуку дефектів в ДП і виведення результатів, інакше зміна виду ГПД, форми і виду УАД або корекція вихідних даних.

Розглянемо порядок використання методики на прикладі діагностування підсистеми управління функціонуванням радіопередавача великої потужності, принципова схема якої приведена на рис. 1 [5].

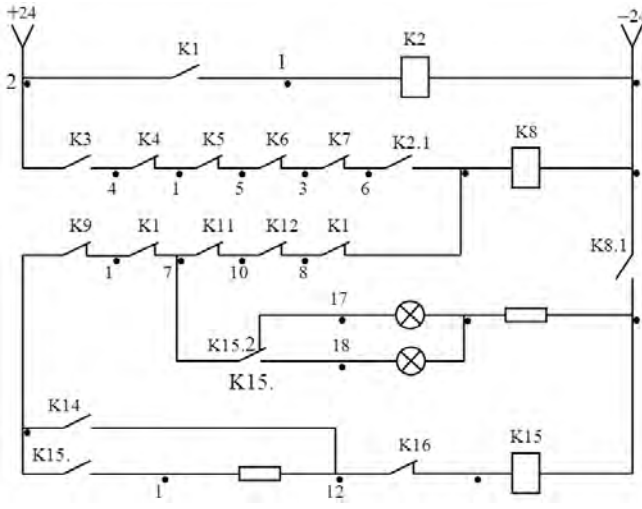


Рис. 1. Принципова схема підсистеми управління функціонуванням радіопередавача великої потужності

Об'єкт складається з автоматів включення напруги K2 і зміщення K8, контактора виключення високої напруги K15, контактів реле напруги K3, аероконтакту K1, блокувальних контактів наявності блоків передавача K4-K7, контактів механічного блокування відкриття дверей високовольтної камери K10, контактів реле максимального анодного струму K11-K13, кнопки включення K14 і відключення K16 високої напруги, ламп сигналізації наявності зміщення H1 і високої напруги H2. Порядок включення електроживлення радіопередавача фіксований: введення, охолодження, накаливання, зміщення, високе.

Бінарний УАД для поточного ремонту при незалежному пошуку дефектів одним фахівцем показаний на рис. 2, при цьому середнє число перевірок  $K = 5,38$ . Об'єкт складається з  $L = 25$  елементів рознесених в просторі, що істотно затрудняє роботу фахівця. Використання групового спільного пошуку дефектів двома фахівцями з неоднорідного УАД (рис. 3) знижує середнє число перевірок до  $K = 4,65$ , що на 13,6% менше, ніж в першому випадку.

Внаслідок малої розмірності об'єкту оцінка імовірнісних параметрів не проводиться, оскільки вони завідомо відповідають вимозі  $\rho < 0,5$  і  $\rho_{\max} < 1,0$  навіть при використанні в процесі діагностування аналогових засобів вимірювання (наприклад, тестер Ц-4315) з  $\rho \geq 0,85$ .

### Висновки

Використання методики дозволяє обґрунтовано вибрати варіант ГПД і кількісно оцінити його показники. Новизна методики і відмінність від відомих [1 – 5] полягають в наступному:

- використання отриманих функціональних залежностей значень параметрів ДЗ від керованих змінних (табл. 1);
- досліджені і використані результати за кількісною оцінкою дисперсії і середнього квадратичного відхилення діагнозу при помилці діагноста для обґрунтування рекомендацій по оптимізації форми УАД;
- кількісна оцінка імовірнісних характеристик виконується з врахуванням виду і форми УАД (раніше проводилася орієнтовна оцінка у всіх випадках за виразами для алгоритмів досконалої форми);

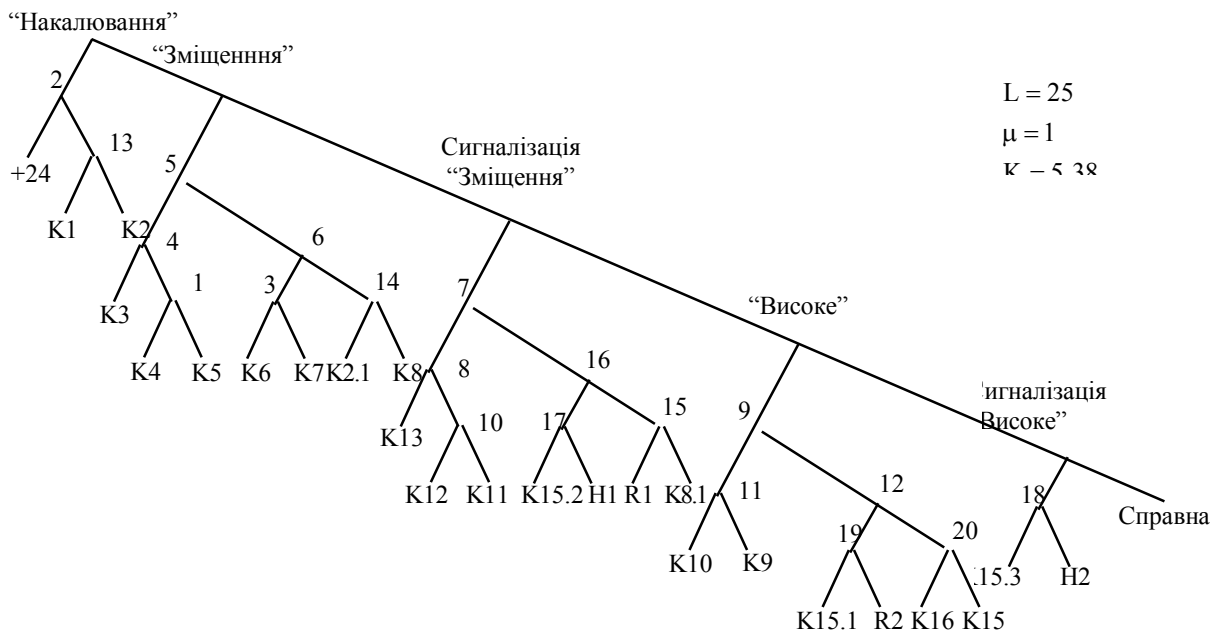


Рис. 2. Бінарний алгоритм діагностування підсистеми управління функціонуванням радіопередавача великої потужності

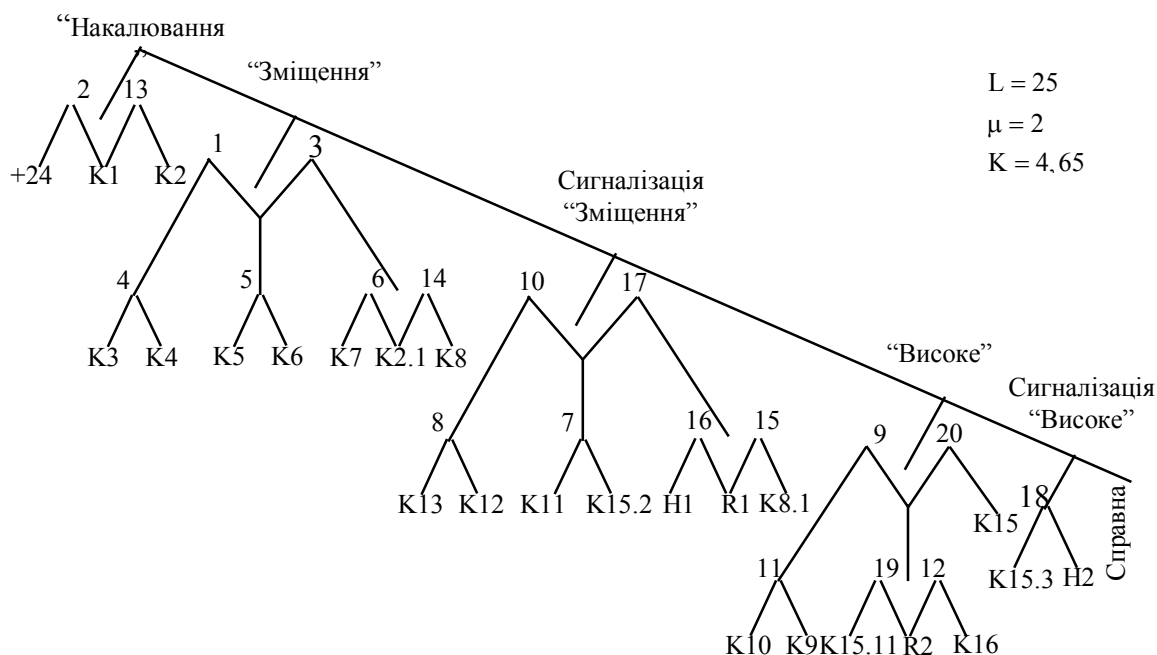


Рис. 3. Неоднорідний алгоритм діагностування підсистеми управління функціонуванням радіопередавача великої потужності з використанням групового спільного пошуку дефектів

– формалізація процесу розробки ДЗ ремонту ТЗ з використанням різних видів ГПД як для поточного ремонту, так і для усунення аварійних пошкоджень;

– використані результати моделювання процесу ГПД при різному ступені пошкодження ТЗ;

– формалізований порядок побудови групових УАД як по графічних, так і по матричних моделях об'єкту діагностування;

– при оцінці якості ДЗ ремонту ТЗ використані не лише часові і імовірнісні показники якості, але і кількісна оцінка трудовитрат на відновлення ТЗ при застосуванні різних видів ГПД.

Методика є основою аналітичних і алгоритмічних засобів розробки ДЗ існуючих і перспективних зразків ТЗ для ремонту в польових умовах екіпажами АЗ і АТЗ при усуненні аварійних пошкоджень. Методику доцільно використовувати при розробці нової редакції вимог до ремонтпридатності ТЗ, розробці технологічної документації перспективних АТЗ модульного типу, вдосконаленні ДЗ відновлення ТЗ у ремонтних органах.

## Список літератури

1. Сакович Л.Н. Оптимизация состава экипажа мобильных ремонтных органов / Л.Н. Сакович, В.П. Павлов // Зв'язок. – 2003. – №3. – С. 58-61.
2. Рыжаков В.А. Групповой зонный поиск кратных дефектов при ремонте техники связи / В.А. Рыжаков, Л.Н. Сакович // Зв'язок. – 2005. – № 1. – С. 57-60.
3. Сакович Л.Н. Совместный групповой поиск кратных дефектов при ремонте техники связи / Л.Н. Сакович, В.А. Рыжаков // Зв'язок. – 2005. – № 2. – С. 59-62.
4. 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.
5. Сакович Л.Н. Автоматизация диагностирования средств связи с кратными дефектами / Л.Н. Сакович, В.А. Рыжаков // Зв'язок. – 1997. – № 2. – С.44-46.

Надійшла до редколегії 2.06.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.В. Козловський, Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації НТУ України "Київський політехнічний інститут", Київ.

## МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРУППОВОГО ПОИСКА ДЕФЕКТОВ ПРИ РЕМОНТЕ ТЕХНИКИ СВЯЗИ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Л.М. Сакович, В.П. Романенко

*Предложена формализация процесса разработки диагностического обеспечения ремонта техники связи с разной степенью повреждения и реализацией видов группового поиска дефектов.*

**Ключевые слова:** диагностическое обеспечение, групповой поиск дефектов, условные алгоритмы диагностирования.

## THE METHODOLOGY OF THE GROUP SEARCH FOR DEFECTS DEVELOPMENT DIAGNOSTIC SUPPORT IN THE REPAIR OF COMMUNICATIONS EQUIPMENT IN THE FIELD

L.N. Sakovich, V.P. Romanenko

*Formalization of the process of development of the diagnostics support of telecommunications equipment repair with different defects level and realization of the of group defects search types is suggested.*

**Keywords:** diagnostics support, group defects search, conditional algorithms of diagnostics.