

## ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ДІАГНОСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕМОНТУ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЗВ'ЯЗКУ

*У статті представлена методика оцінки якості діагностичного забезпечення ремонту техніки зв'язку, яка використовується в Збройних Силах України. Показано, що однією з основних цілей розв'язання даної задачі є підвищення ефективності обслуговування технічних систем, пов'язаного з оптимізацією технологічних процесів, їхнього поточного ремонту та модернізації. Отримані нові функціональні залежності оцінюваних показників діяльності фахівців від керованих змінних з врахуванням можливості виникнення діагностичних помилок, формалізований процес кількісної оцінки показників якості діагностичного забезпечення ремонту військової техніки зв'язку. Також проведено аналіз застосування представленої методики на прикладі діагностування сучасного радіоприймача.*

**Ключові слова:** діагностика, технічне діагностування, технічні системи, ремонт.

**Постановка проблеми.** Задачі діагностичного забезпечення отримали широке розповсюдження у зв'язку з появою новітніх великих технічних і організаційно – технічних систем і комплексів, до яких відносяться майже всі сучасні засоби і комплекси зв'язку і управління. Такі об'єкти прийнято називати складними. Необхідно зазначити, що багато негативних впливів, що призводять до відмов складних систем, носять прихований характер і можуть бути виявлені завчасно тільки при використанні ефективних обчислювальних методів обробки даних спостережень за контрольованими змінними та параметрами висококваліфікованими фахівцями. Безумовно, важливою вимогою до систем технічної діагностики є високоякісне розв'язання задачі прогнозування технічного стану. Однією з основних цілей розв'язання даної задачі є підвищення ефективності обслуговування технічних систем, пов'язаного з оптимізацією технологічних процесів, їхнього поточного ремонту та модернізації. Питання технічного діагностування таких об'єктів потребує нових наукових рішень і технічних підходів.

Задача полягає в забезпеченні потрібного згідно керівних технічних документів по ремонтопридатності значення середнього часу відновлення працездатності військової техніки зв'язку (ВТЗ) без збільшення економічних витрат, а лише за рахунок підвищення якості діагностичного забезпечення (ДЗ) ремонту і впорядкування діяльності екіпажа апаратної зв'язку або технічного забезпечення (АТЗ) в процесі групового пошуку дефектів і усунення викликаних ними несправностей.

**Аналіз останніх досліджень** в області технічного діагностування складних систем показав, що цією проблемою займаються багато провідних вчених, зокрема – Бідюк П.І., в статті «Формалізація методів побудови штучних імунних систем» піднімає проблематику цих питань, Жердев М.К. в статті «Напрями розвитку систем контролю технічного стану і діагностування складних технічних систем» розглядає вбудовані системи технічного діагностування та інші, де вказується на необхідність вдосконалення і знаходження новітніх наукових рішень.

**Постановка завдання.** Таким чином існує необхідність розробки методики, яка дозволить оцінити показники якості діагностичного забезпечення засобів зв'язку ЗСУ за допомогою формалізації процесу кількісної оцінки показників якості діагностичного забезпечення ремонту військової техніки зв'язку на основі використання функціональних залежностей оцінюваних показників від керованих змінних.

**Мета статті** – розробка методики кількісної оцінки показників якості ДЗ з метою визначення можливості його реалізації в заданих умовах функціонування і оснащення ремонтного органу (РО) при відновленні працездатності ВТЗ в процесі поточного ремонту, а

також при усуненні аварійних і бойових пошкоджень з груповим зонним пошуком кратних дефектів.

#### **Основний матеріал досліджень.**

Сутність запропонованої методики полягає у використанні нових аналітичних виразів і формалізації процесу кількісної оцінки показників якості ДЗ ремонту ВТЗ.

Вихідні дані:

глибина пошуку дефектів ( $L$ );

алгоритм діагностування (середнє  $K$ , мінімальне  $K_{\min}$ , максимальне  $K_{\max}$  число перевірок);

середній час виконання перевірки ( $t$ ) і усунення несправності ( $t_y$ );

ймовірність правильної оцінки результату виконання перевірки ( $p$ );

припустимий час відновлення працездатності ( $T_{en}$ ).

Вихідні дані отримують з аналізу технічної документації ВТЗ і вимог до ремонтпридатності.

Обмеження на використання методики:

ремонт ВТЗ агрегатним методом;

при ремонті використовуються штатні засоби вимірювань (ЗВ) апаратної зв'язку і РО; глибина пошуку дефектів до типового елемента заміни.

Допущення при використанні методики:

ВТЗ, що ремонтують, містить лише один дефект в зоні пошуку;

при діагностуванні в об'єкті нових дефектів не виникає;

при постановці помилкового діагнозу допускається не більш однієї помилкової оцінки результату виконання перевірки;

ймовірність помилкової оцінки результатів виконання перевірок по умовному алгоритму діагностування (УАД) однакова;

виявлення відмов елементів об'єкту рівноймовірно;

організаційні втрати часу не враховуються;

комплект ЗПП-0 укомплектований повністю;

використовувані ЗВ завідомо справні;

кваліфікація ремонтників відповідає штатному розкладу РО.

Обмеження і допущення відповідають умовам відновлення працездатності ВТЗ в АТЗ або на пункті технічного обслуговування і ремонту (ПТОР) [1, 2].

У основу математичного апарату методики покладені методи теорії ймовірностей і теорії дискретного пошуку [1–7]. Використовувані аналітичні вирази за кількісною оцінкою характеристик ДЗ приведені в табл. 1, а укрупнений алгоритм реалізації методики приведений на рис 1, 2 де додатково прийняті наступні позначення:

$g$  – ймовірність помилкової оцінки результату виконання перевірки ( $g = 1 - p$ );

$P$  – ймовірність правильної постановки діагнозу;

$\rho$  – математичне очікування відхилення діагнозу при одній помилці в оцінці результату виконання перевірки;

$\sigma_\rho$  – середньоквадратичне відхилення значення  $\rho$ ;

$l$  – число дефектів, що виявляються після виконання мінімального числа перевірок;

$$C(K) = 0,375[K]^4 - 3,25[K]^3 + 10,625[K]^2 - 14,5[K] + 6,75;$$

$$E(K) = 0,375[K]^4 - 3,25[K]^3 + 10,625[K]^2 - 14,5[K] + 6,75;$$

$[K]$  – ціла частина числа  $K$ ;

$\lceil K \rceil$  – округлення  $K$  у більшу сторону до цілого числа;

$\rho_{\max}$  – максимально можливе значення  $\rho$ ;

$T_e$  – розрахункове значення середнього часу відновлення ВТЗ.

Таблиця 1

Кількісна оцінка ймовірнісних характеристик бінарних умовних алгоритмів пошуку дефектів

Форма алгоритму	$K$	$P$	$\rho_{\max}$	$\rho$	$\sigma_p$
Досконала	$\log_2 L$	$p^k$	$gp^{k-1}(L-1)$	$0,5(L+K-1) gp^{k-1}$	$[0,375(k^4-8,7k^3+28,3k^2-38,7k+18)]^{0,5} gp^{k-1}$
Мінімальні правосторонні	$\lceil k \rceil - l/L$		$(2^{\lceil k \rceil} - 1) gp^{\lceil k \rceil - 1}$ для $2^{\lceil k \rceil} \leq L - l \leq 2^{\lceil k \rceil}$ $(L-1) gp^{k-1}$ для $0 < L - l < 2^{\lceil k \rceil}$	$0,5[(2^{\lceil k \rceil} + L_{k-1} - (2^{\lceil k \rceil} + 1)l/L] p^{\lceil k \rceil - 1}$	$[C(k)(L-l)]^{0,5} gp^{\lceil k \rceil - 1}$ для $0 \leq l \leq 2^{\lceil k \rceil} - 1$ $[E(k)(L+l)]^{0,5} gp^{\lceil k \rceil - 1}$ для $2^{\lceil k \rceil} - 1 \leq l \leq 2^{\lceil k \rceil}$
Мінімальні симетричні			$gp^{k-1}(2^k - 1)$		$[\frac{l \cdot C(k) / p + (L-l) \cdot E(k)}{L}]^{0,5} gp^{\lceil k \rceil}$
Максимальна			$\frac{(L-1)(L+2)}{2L}$	$0,5L(L-1)g$	$\frac{(L^2-1)g}{6} + \frac{p-(p-g)p^{L-2}}{L}$

При невиконанні умов  $\rho_{\max} < 1$ ,  $\rho < 0,5$  або  $T_e < T_{en}$  доцільно підвищити значення  $p$  вибираючи ЗВ з кращими метрологічними характеристиками, понизити значення  $t, t_y$  підвищенням кваліфікації фахівців або вдосконаленням технологічного устаткування РО, поліпшити умови праці ремонтників або змінити форму УАД з розміщенням  $L-l$  елементів в його центральній частині.

Розглянемо використання методики на прикладі розробки УАД мінімальної форми для діагностування сучасного супергетеродинного приймача з подвійним перетворенням частоти, функціональна схема якого приведена на рис 3, а діагностична модель у вигляді графа інформаційно-енергетичних зв'язків [6] – на рис 4.

Бінарний УАД, побудований по методиці [6] із застосуванням індексів передування методом половинного ділення, показаний на рис. 5 (варіант 1), а з врахуванням розміщення дефектів, що вимагають для виявлення виконання  $K_{\max}$  перевірок, в центральній частині алгоритму – на рис. 6 (варіант 2). У обох випадках УАД з врахуванням справного стану об'єкту мають однакові значення традиційно оцінюваних показників ДЗ [1, 6]:  $L = 18$ ;  $K = 4,3$ ;  $K_{\min} = 4$ ;  $K_{\max} = 5$ ;  $l = 13$ .

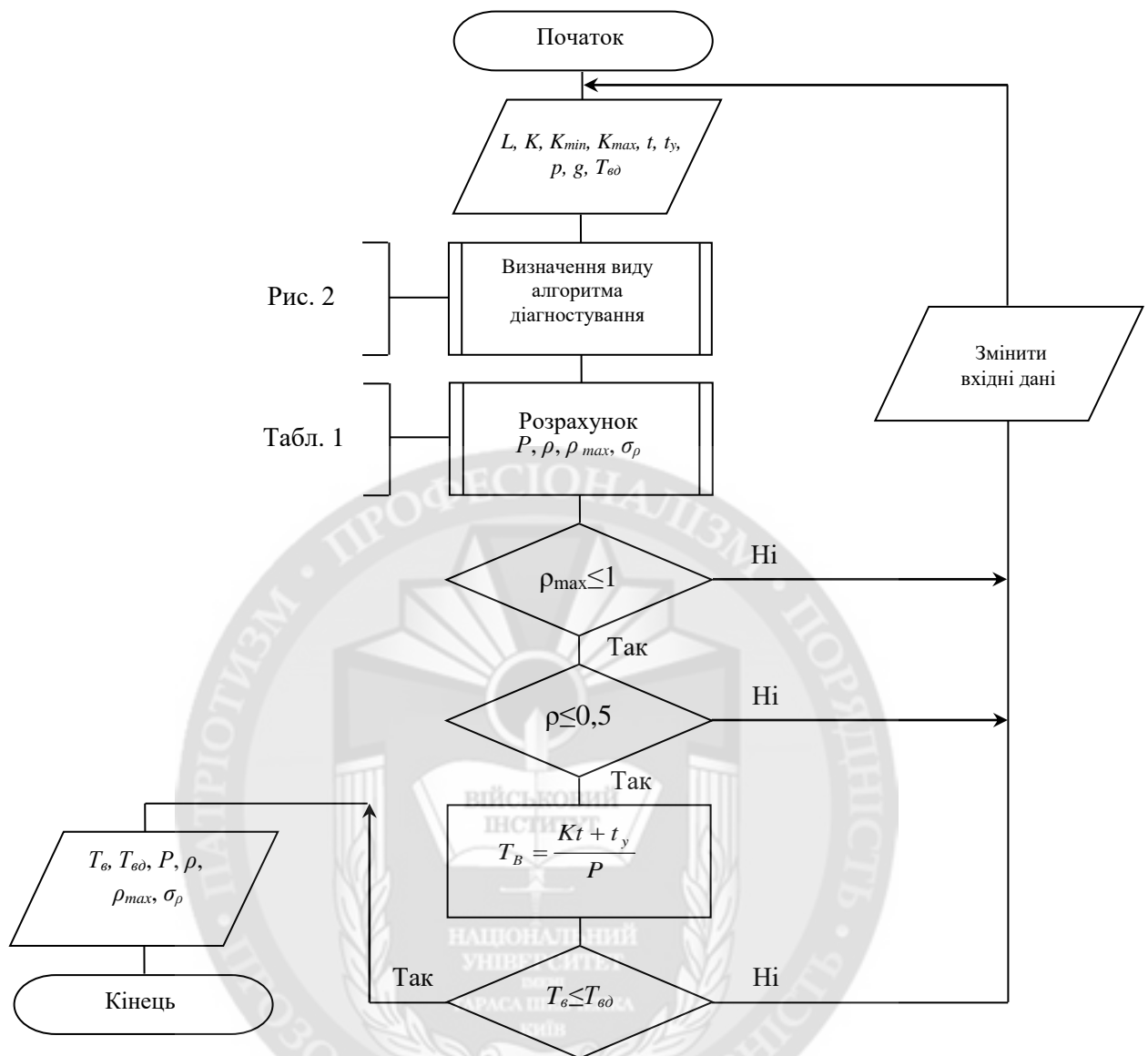


Рис. 1. Блок-схема укрупненого алгоритму кількісної оцінки показників якості діагностичного забезпечення ремонту військової техніки зв'язку

При наступних вихідних даних:  $t = 3$  хв;  $t_y = 5$  хв;  $p = 0,99$ ;  $T_{en} = 20$  хв розрахункове значення середнього часу відновлення працездатності при поточному ремонті радіоприймача

$$T_e = \frac{4,3 \cdot 3 + 5}{0,99^{4,3}} = 19 \text{ хв} < T_{en},$$

що досить.

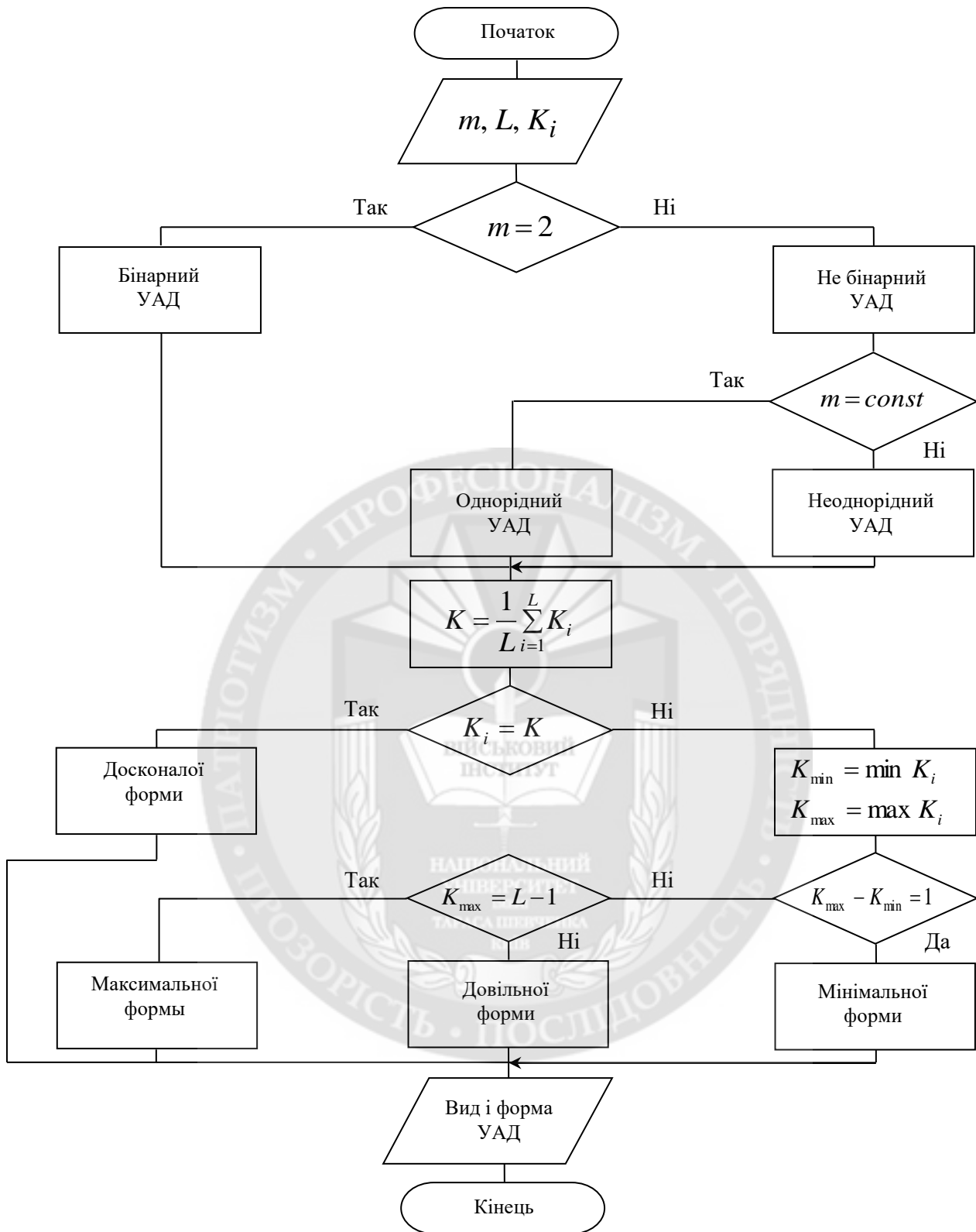


Рис. 2. Ідентифікація виду і форми алгоритму діагностування

Ймовірність постановки правильного діагнозу також однакова, але інші ймовірнісні характеристики істотно відрізняються (табл. 2) (результати прямих обчислень для  $p = 0,99$ ).

При практично однакових значеннях інші показники для алгоритму рис. 6 значно понижені:  
 $\sigma_p$  на 40% и  $\rho_{\max}$  на 25%.

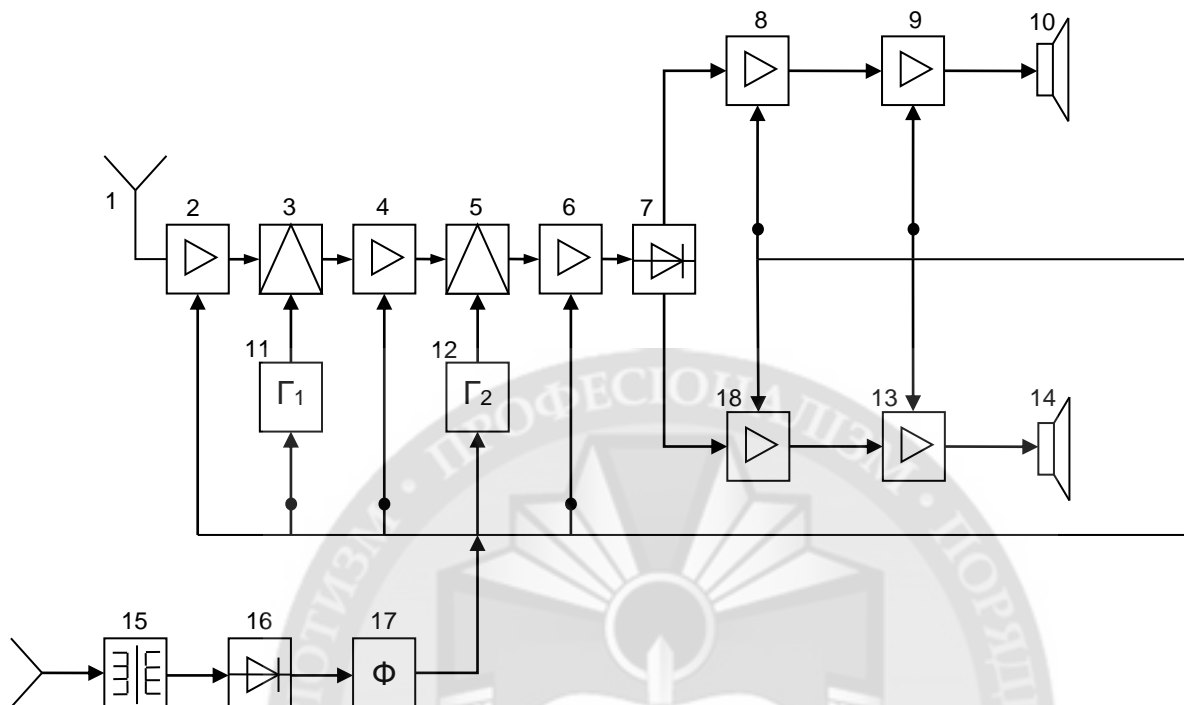


Рис. 3. Функціональна схема радіоприймача

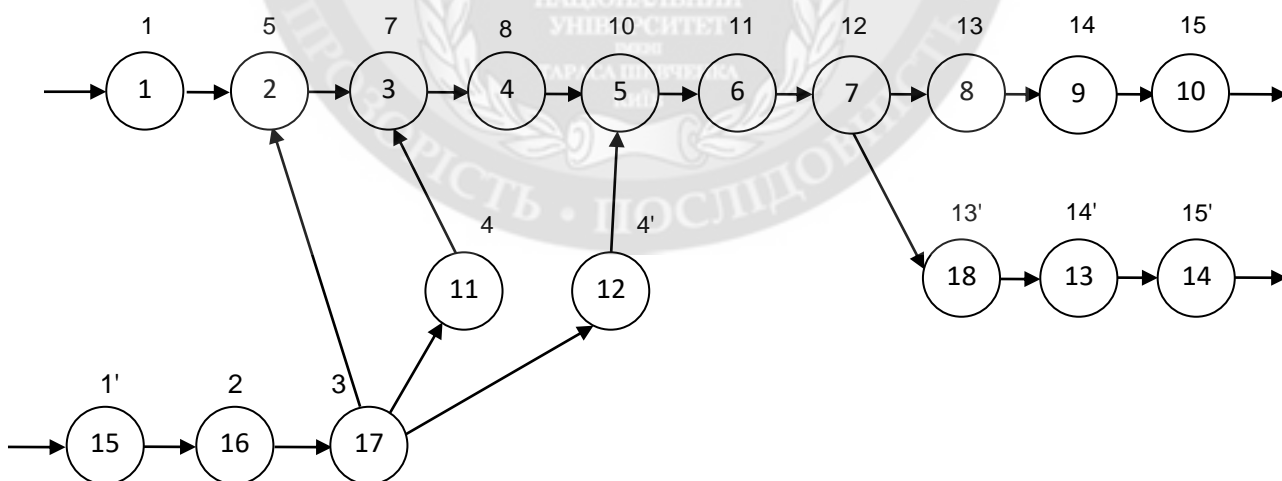


Рис. 4. Діагностична модель радіоприймача

Обчислення значення  $\rho$  приводить до результату 0,115 с  $\delta_\rho = 1,7\%$ , розрахункове значення  $\rho_{\max} = 0,164$  практично відповідає достеменному, оцінка  $\sigma_\rho$  рівна 0,027, що на  $\delta_\rho = 11\%$  перевищує дійсне значення.

## Ймовірнісні характеристики алгоритмів діагностування радіоприймача

Варіант алгоритму	$\rho$	$D_\rho$	$\sigma_\rho$	$\rho_{\max}$
Рис. 5	0,1173	0,0017	0,0412	0,2208
Рис. 6	0,1170	0,0006	0,0249	0,1649

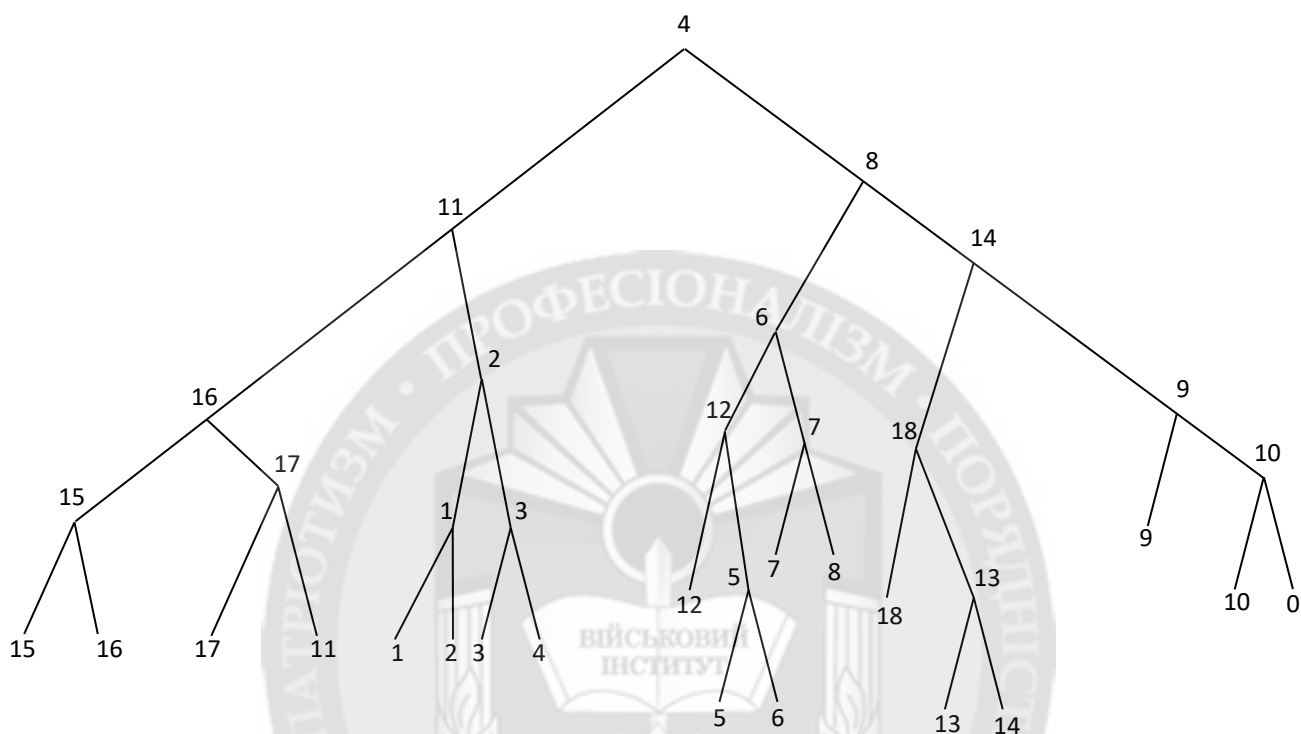


Рис. 5. Умовний алгоритм діагностування радіоприймача (варіант 1)

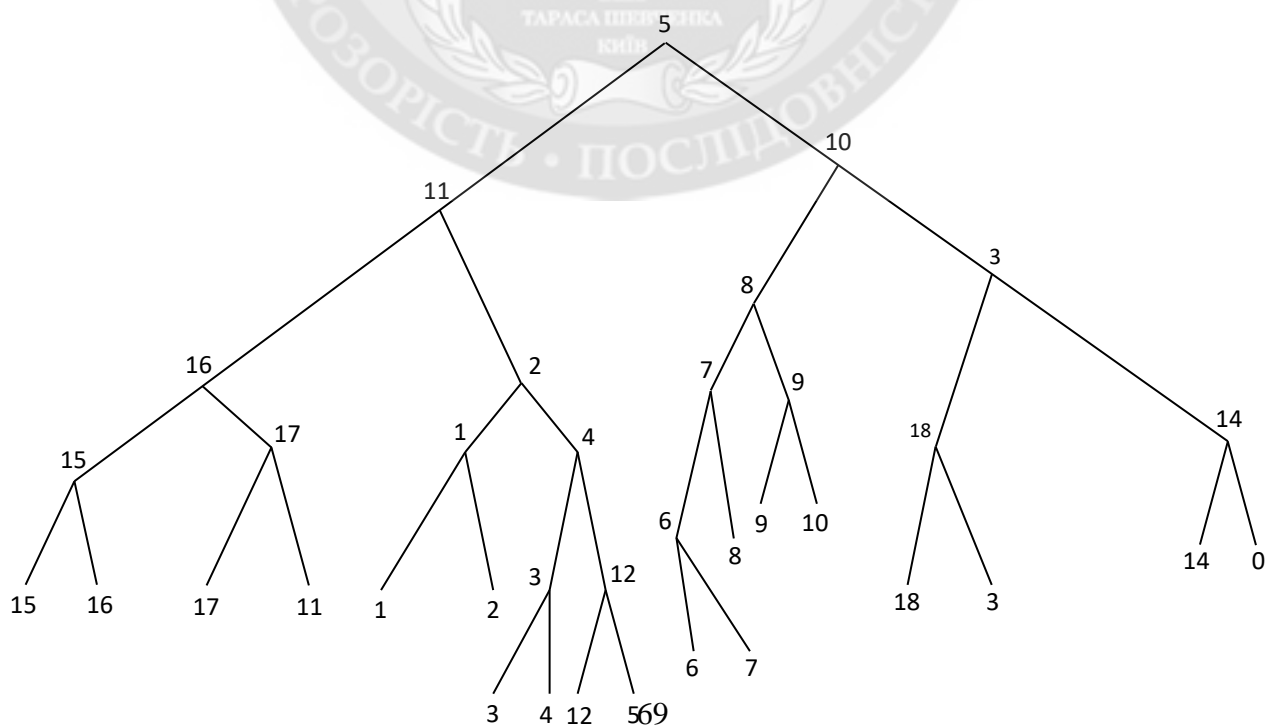


Рис. 6. Умовний алгоритм діагностування радіоприймача (варіант 2)

**Висновки.** Таким чином, наукова новизна методики полягає у формалізації процесу кількісної оцінки показників якості діагностичного забезпечення ремонту військової техніки зв'язку на основі використання вперше отриманих функціональних залежностей оцінюваних показників від керованих змінних (табл. 1).

Методика відрізняється від відомих [3, 6] порядком оцінки значень показників якості і використовуваним математичним апаратом.

Методика є основою аналітичних і алгоритмічних засобів розробки діагностичного забезпечення перспективних зразків військової техніки зв'язку.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Сакович Л.Н. Определение численности специалистов при восстановлении работоспособности техники связи с аварийными повреждениями / Сакович Л.Н., Бобро Р.А. // Зв'язок, 2006. – №1. – С. 41-44.
2. 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.
3. Розробка пропозицій щодо удосконалення системи технічного обслуговування і ремонту техніки зв'язку і АСУ: Звіт про НДР «Дністер» / в/ч А-0375. – К., 2000. – 151 с.
4. 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.
5. Сакович Л.Н. Моделирование процессу группового поиска дефектов под час ремонту техніки зв'язку / Л.Н. Сакович, В.П. Романенко // Зв'язок, 2011. – № 4. – С. 60-62.
6. Ксёэнз С.П. Диагностика и ремонтпригодность радиоэлектронных средств / Ксёэнз С.П. – М.: Радио и связь, 1989. – 248 с.
7. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Вентцель Е.С. – М.: Высш. шк., 2002. – 575 с.

#### REFERENCES:

1. Sakovich LN Definition multitude specialists at recovery rabotosposobnosty Technics connection with avaryunymy INJURIOUS / LN Sakovich, beaver RA // Connect. - 2006. - №1. - P. 41-44.
2. Ryzhakov VA Quantitative Evaluation of diagnostic error during routine maintenance of communications technology / VA Ryzhakov, LM // How Sakovich. - 2005. - № 3. - S.45--50.
3. Developing proposals on improvement of the maintenance and repair of communications technology and ACS: research report "Dniester" / w / h A-0375. - K., 2000. - 151 p.
4. Sakovich LN Kolychestvennaya veroyatnostnyh performance evaluation of diagnostically oshybok connection with repairs technics / LN Sakovich, VP Romanenko // Communication. - 2011. - № 4. - P. 60--62.
5. Sakovich LN Simulation of a group of defects found during the repair of communications technology / LN Sakovich, VP Romanenko // Communication. - 2011. - № 4. - P. 60--62.
6. SP Ksënz Diagnosis and maintainability radyoëlektronnyh funds / SP Ksënz - M .: Radio and Communications, 1989. - 248 p.
7. Wentzel ES Probability Theory / ES Wentzel - M .: High society. HQ, 2002. - 575 p.

**Рецензент:** к.т.н., доц. Сакович Л.М., доцент кафедри Інституту спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

к.т.н., доц. Радзивил Г.Д., к.т.н Романенко В.П., Бригадир С.П.  
**ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
РЕМОНТА ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ СВЯЗИ**

*В статье представлена методика оценки качества диагностического обеспечения ремонта техники связи, используемая в Вооруженных Силах Украины. Показано, что одной из основных целей решения данной задачи является повышение эффективности обслуживания технических систем, связанного с оптимизацией технологических процессов, их текущего ремонта и модернизации. Получены новые функциональные зависимости оцениваемых*



*показателей деятельности специалистов от управляемых переменных с учетом возможности возникновения диагностических ошибок, формализованный процесс количественной оценки показателей качества диагностического обеспечения ремонта военной техники связи. Также проведен анализ применения представленной методики на примере диагностики современного радиоприемника.*

*Ключевые слова: диагностика, техническое диагностирование, технические системы, ремонт.*

**Ph.D. Radzivslov G.D., Ph.D. Romanenko V.P., Brigader S.P.  
EVALUATION OF A DIAGNOSTIC MAINTENANCE REPAIR EQUIPMENT MILITARY  
COMMUNICATIONS**

*The article presents a method of estimating a diagnostic software repair communications technology used in the Armed Forces of Ukraine. It is shown that a major objective of solving this problem is to improve the maintenance of technical systems associated with the optimization of processes, their ongoing maintenance and modernization. The resulting new functionality depending on the estimated performance of the professionals of controlled variables taking into account the possibility of diagnostic errors, formalized process quality indicators quantify the diagnostic software repair military equipment provider. Also analyzed the application presented methods for diagnosing example of modern radio.*

*Keywords: diagnostics, technical diagnostics, technical systems and repair.*