

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

*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. Розроблена методика відрізняється від відомих порядком оцінки значень показників якості і використовуваним математичним апаратом і є основою аналітичних і алгоритмічних засобів розробки діагностичного забезпечення перспективних зразків військової техніки зв'язку.*

*Ключові слова: відновлення працездатності, діагностичне забезпечення, умовний алгоритм діагностування.*

**Актуальність** роботи полягає в забезпеченні потрібного згідно керівних технічних документів по ремонтпридатності 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.

**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.

**Сутність 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 ЗП-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;

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

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

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

$\lceil K \rceil$  – округлення  $K$  у більший бік до цілого числа;

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

$T_6$  – розрахункове значення середнього часу відновлення ВТЗ.

Таблиця 1

Кількісна оцінка ймовірнісних характеристик бінарних умовних алгоритмів пошуку дефектів

Форма алгоритму	$K$	$P$	$\rho_{\max}$	$\rho$	$\sigma_\rho$
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 $0 < L - l < 2^{\lceil k \rceil}$	$0,5[(2^{\lceil k \rceil} + \lfloor k \rfloor - (2^{\lfloor k \rfloor} + 1))/L] p^{\lfloor k \rfloor - 1}$	$[C(k)(L-l)]^{0,5} gp^{\lfloor k \rfloor - 1}$ для $0 \leq l \leq 2^{\lfloor k \rfloor - 1}$ $[E(k)(L+l)]^{0,5} gp^{\lceil k \rceil - 1}$ для $2^{\lfloor k \rfloor - 1} \leq l \leq 2^{\lceil k \rceil}$
Мінімальні симетричні			$gp^{k-1}(2^k - 1)$		$[\frac{l \cdot C(k) / p + (L-l) \cdot E(k)}{L}]^{0,5} gp^{\lfloor k \rfloor}$
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  $T_B < T_{\text{вд}}$  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 стереофонічного супергетеродинного радіоприймача 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]:  $L = 18$ ;  $K = 4,3$ ;  $K_{\min} = 4$ ;  $K_{\max} = 5$ ;  $l = 13$ .

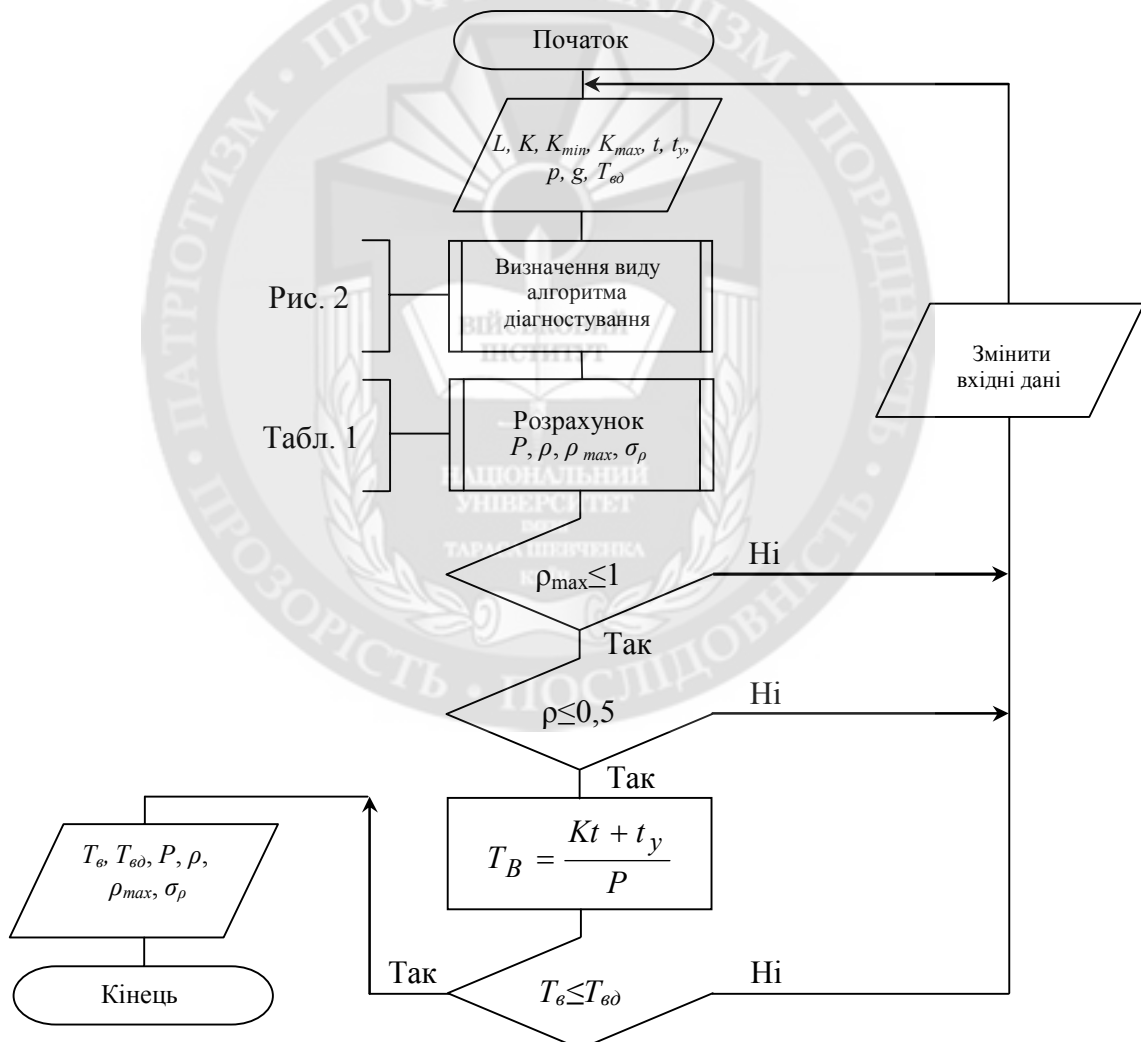


Рис. 1. Блок-схема укрупненого алгоритму кількісної оцінки показників якості діагностичного забезпечення ремонту військової техніки зв'язку

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

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

що досить.

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:  $\sigma_{\rho}$  на 40% и  $\rho_{\text{max}}$  на 25%.

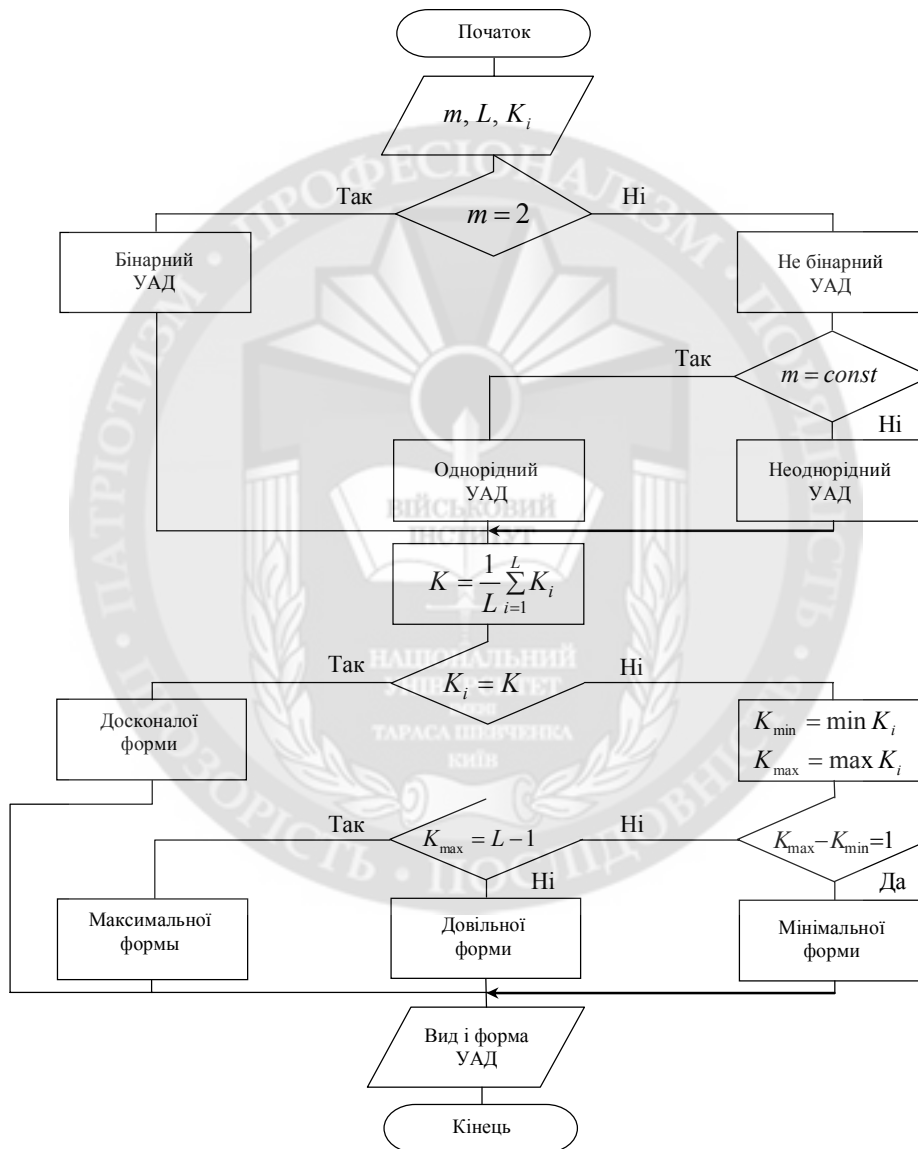


Рис. 2. Ідентифікація виду і форми алгоритму діагностування

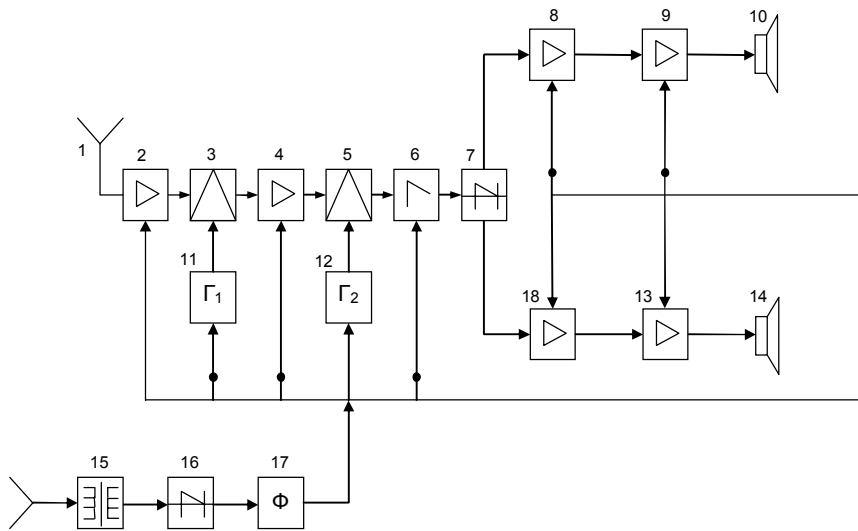


Рис. 3. Функціональна схема радіоприймача

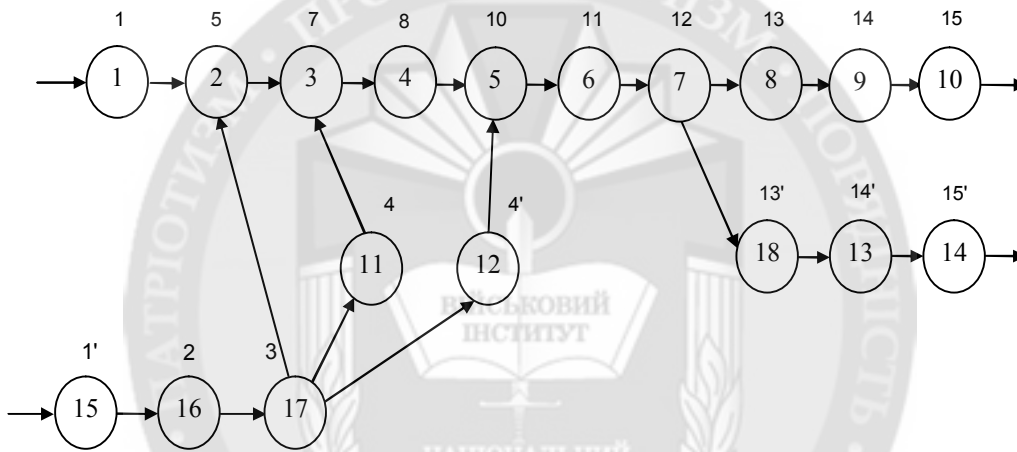


Рис. 4. Діагностична модель радіоприймача

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

Таблиця 2

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

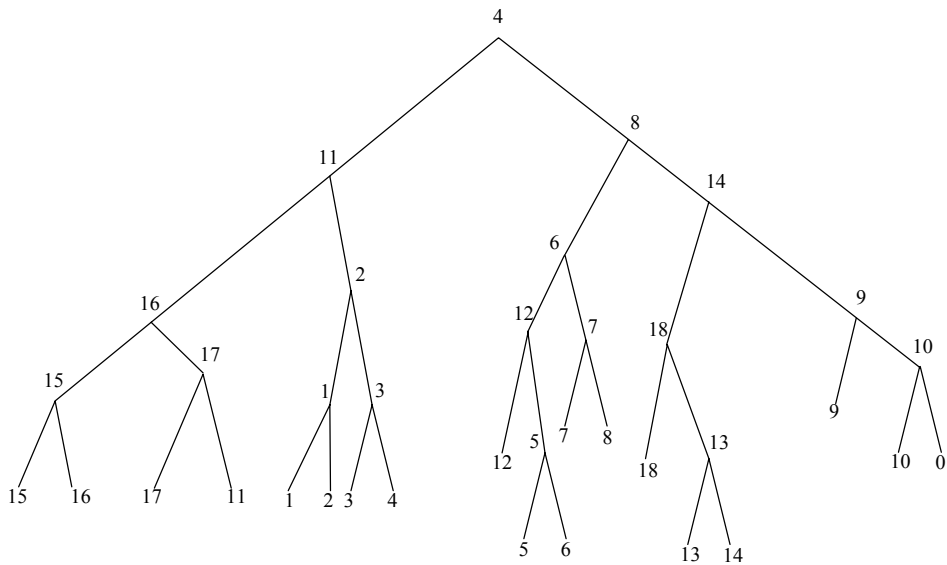


Рис. 5. Умовний алгоритм діагностування радіоприймача (варіант 1)

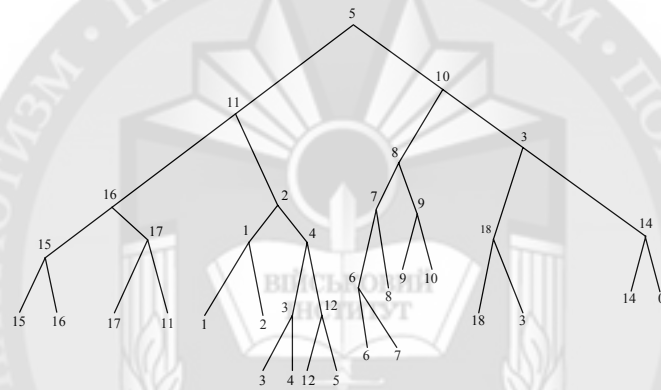


Рис. 6. Умовний алгоритм діагностування радіоприймача (варіант 2)

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 процесса группового поиска дефектов под час ремонту техники 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. школа, 2002. – 575 с.

**Рецензент:** д.т.н., проф. **Ленков С.В.**, начальник науково-дослідного центру Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка

к.т.н., доц. Сакович Л.Н., Романенко В.П.,  
Лалетин С.П., Демченко С.В.

#### **ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕМОНТА ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ СВЯЗИ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ**

*Получены новые функциональные зависимости оцениваемых показателей деятельности специалистов от управляемых переменных с учетом возникновения возможных диагностических ошибок, формализован процесс количественной оценки показателей качества диагностического обеспечения ремонта военной техники связи. Разработанная методика отличается от известных порядком оценки значений показателей качества и используемым математическим аппаратом и является основой аналитических и алгоритмических средств разработки диагностического обеспечения перспективных образцов военной техники связи.*

*Ключевые слова:* восстановление работоспособности, диагностическое обеспечение, условный алгоритм диагностики.

Ph.D. Sakovych L.N., Rjomanenko V.P.,  
Laletin S.P., Demchenko S.V.

#### **QUALITY INDEX ESTIMATION OF DIAGNOSTIC PROVISION OF MILITARY COMMUNICATION EQUIPMENT IN THE FIELD**

*It was gained a new functional dependency of estimated indexes of specialists' activity from the guided variables, taking into account the appearance of possible diagnostic mistakes; it's also formalized the process of quantitative index estimation of diagnostic provision quality of military communication equipment. The developed methodology differs from already well known one by the estimation order of quality indexes and used mathematical mechanism and it's the base of analytic and algorithmic means of diagnostic provision elaboration of future examples of military communication equipment.*

*Keywords:* working capacity renewal, diagnostic provision, relative diagnostic algorithm.