

М.Ю. Яковлев¹, Л.М. Сакович², Є.В. Рижов¹, П.Л. Аркушенко³

¹ Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

² Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут" ім. Ігоря Сікорського, Київ

³ Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України, Чернігів

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЗВ'ЯЗКУ

У статті запропонована удосконалена методика обґрунтування послідовності і кількості мінімально необхідних параметрів для проведення метрологічного обслуговування військової техніки зв'язку, яка відрізняється від відомих комплексним врахуванням часових та вартісних показників якості метрологічного обслуговування. Це впливає на послідовність і кількість вимірювання значень параметрів, та знижує вартість засобів вимірювальної техніки за рахунок обслуговування мінімально необхідної кількості параметрів без зниження ймовірності правильної оцінки технічного стану військової техніки зв'язку. Обґрунтовано мінімально необхідні вимоги до засобів вимірювань при двоступеневій системі діагностування в процесі поточного ремонту військової техніки зв'язку, що забезпечує зменшення часу її відновлення за рахунок вдосконалення діагностичного обладнання.

Ключові слова: метрологічне обслуговування, технічне обслуговування, оцінка технічного стану, військова техніка зв'язку, засоби вимірювальної техніки, поточний ремонт.

Аналіз стану досліджень і мета статті

Необхідність оцінки реального технічного стану (ТС) військової техніки зв'язку (ВТЗ) виникає при її метрологічному обслуговуванні (МОБ) під час технічного обслуговування (ТО) і поточного ремонту (ПР) [1–3]. При цьому потрібно за встановлений час, що визначається інструкціями з експлуатації або керівними документами з надійності та ремонтпридатності, шляхом вимірювання у встановленій послідовності значень деякої кількості параметрів із сукупності можливих із завданняю або максимально можливою ймовірністю оцінити ТС виробу. В даний час у зв'язку з недостатнім фінансуванням заходів технічної експлуатації ВТЗ актуальним є завдання мінімізації витрат на МОБ, що не враховують відомі методики [1; 4], орієнтовані на мінімізацію часу ТО або ПР. А також актуальним є завдання зменшення часу відновлення ВТЗ за рахунок вдосконалення діагностичного обладнання у порівнянні з [5].

Тому мета статті:

1) подальший розвиток відомих методик МОБ ВТЗ в напрямку мінімізації витрат при забезпеченні часу МОБ ВТЗ не більше необхідного;

2) обґрунтування мінімально необхідних вимог до засобів вимірювань при двоступеневій системі діагностування в процесі ПР ВТЗ.

Виклад основного матеріалу

1. Удосконалена методика обґрунтування послідовності і кількості мінімально необхідних параметрів для метрологічного обслуговування військової техніки зв'язку. В [4] запропоновано

послідовність вимірювання значень параметрів ВТЗ під час її МОБ виконувати в порядку збільшення комплексного коефіцієнта

$$W_i = K_p \cdot K_{p_i} + K_e \cdot K_{e_i} + K_c \cdot K_{c_i} + K_v \cdot K_{v_i},$$

де K_p , K_e , K_v – вагові коефіцієнти важливості параметра, кількості елементів, що впливають на його формування, та часу вимірювання;

R_{p_i} , R_{e_i} , R_{v_i} – ранг важливості параметра i , кількості елементів, що впливають на його формування, та часу вимірювання, відповідно.

Значення $K_p = 0,5$; $K_e = 0,3$; $K_v = 0,2$ встановлено в [4] експертним опитуванням провідних фахівців в галузі технічної експлуатації ВТЗ. Значення R_{p_i} також встановлюють експертним опитуванням фахівців залежно від вимог користувачів конкретних видів ВТЗ. Ранг R_{e_i} визначають за результатами аналізу схеми зразка ВТЗ. Ранг R_{v_i} визначають з аналізу інструкції з ТО ВТЗ, або часу вимірювань конкретних параметрів під час ПР. При цьому межі зміни W_i не обмежені і не зрозуміло його фізичний зміст.

Для усунення встановлених недоліків пропонується додатково роздільно враховувати показники часу і вартості вимірювань окремих параметрів, а також використовувати нормоване значення $0 < W_i \leq 1$. В такому разі комплексний коефіцієнт отримує фізичний сенс ймовірності першочергового вибору параметра для його оцінки під час ТО або ПР:

$$W_i = \frac{K_p}{K_{p_i}} + \frac{K_e}{K_{e_i}} + \frac{K_c}{K_{c_i}} + \frac{K_v}{K_{v_i}},$$

де $K_{\text{ч}}$ та $K_{\text{в}}$ – вагові коефіцієнти часу та вартості вимірювання значення параметра, а $K_{\text{ч}_i}$ та $K_{\text{в}_i}$ – ранг часу та вартості вимірювань, відповідно. В усіх випадках виконують ранжування параметрів в порядку збільшення рангу, починаючи з одиниці: при $R_{\text{п}_i} = R_{\text{е}_i} = R_{\text{в}_i} = R_{\text{ч}_i} = 1$ також $W_i = 1$.

Сутність удосконалення методики полягає у роздільній оцінці впливу часу і вартості вимірювання параметрів і новому підході до оцінки комплексного показника параметра як ймовірності його першочергового вибору під час ТО або ПР.

Методика призначена для обґрунтування вимог до МОБ ВТЗ з метою мінімізації трудовитрат, сил і засобів при оцінці її реального ТС під час ТО і ПР.

Сутність методики полягає в науковому обґрунтуванні послідовності вимірювання значень параметрів ВТЗ з мінімізацією їх кількості при встановленні реального ТС із заданою ймовірністю.

Використання методики передбачає урахування обмежень:

в процесі визначення ТС ВТЗ використовуються штатні засоби вимірювальної техніки (ЗВТ) зі складу апаратної зв'язку або апаратної технічного забезпечення (АТЗ);

вибір параметрів здійснюється із сукупності передбачених технічною документацією на ТО ВТЗ.

При цьому також враховують припущення: кваліфікація фахівців відповідає займаній посаді;

організаційні втрати часу не враховуються;

ЗВТ технічно та метрологічно справні;

ВТЗ має повний комплект технічної документації.

Прийняті обмеження та припущення відповідають реальним умовам виконання ТО і ПР ВТЗ штатними екіпажами апаратних зв'язку та АТЗ.

Вихідні дані отримують із технічного опису ВТЗ та керівних документів:

перелік параметрів;

їх допустимі значення;

перелік ЗВТ для ТО і ПР ВТЗ;

схеми ВТЗ;

час вимірювання параметрів;

вартість ЗВТ;

допустимий час і вартість МОБ;

ймовірність правильної оцінки ТС.

Дані про відносну важливість параметрів отримують із експертного опитування фахівців.

Етапи реалізації методики:

отримання і аналіз вихідних даних;

встановлення рангу параметрів;

розрахунок комплексного коефіцієнту параметрів;

обґрунтування послідовності вимірювання значень параметрів;

розрахунок ймовірності оцінки правильного ТС

ВТЗ зі збільшенням кількості перевірених параметрів;

визначення мінімально необхідної кількості параметрів ВТЗ при її ТО і ПР;

оцінка ефективності;

виведення кількісної оцінки щодо часу і вартості МОБ ВТЗ.

Математичний апарат методики полягає у використанні методів:

теорії множин при моделюванні структури ВТЗ і визначенні $R_{\text{е}_i}$;

теорії ймовірностей при обґрунтуванні мінімально необхідної кількості параметрів;

теорії обробки результатів експертного опитування при визначенні $R_{\text{п}_i}$.

Результат використання методики передбачає встановлення переліку, послідовності і кількості параметрів ВТЗ, тривалість і вартість вимірювання їх значень.

Експериментальна перевірка методики проведена в порівнянні з прикладом [4] для радіостанції тактичної ланки управління Р-173, структурна схема якої наведена на рис. 1, а теоретико-множинна модель на рис. 2.

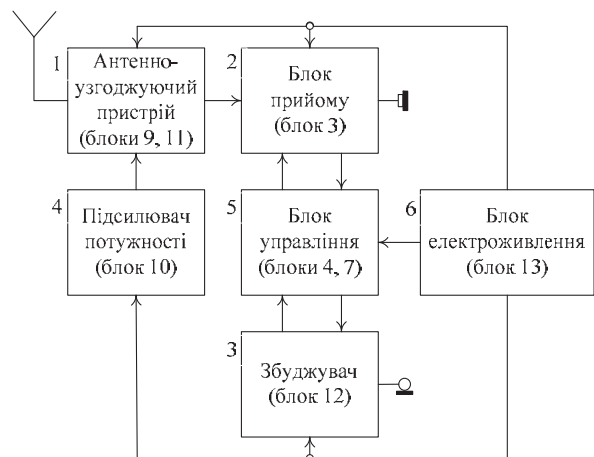


Рис. 1. Структурна схема радіостанції тактичної ланки управління Р-173

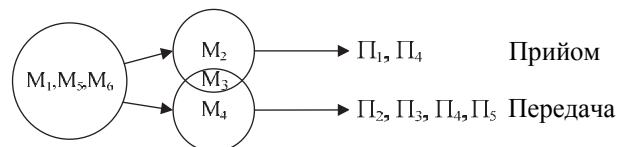


Рис. 2. Теоретико-множинна модель радіостанції тактичної ланки управління Р-173

Перелік вимірювальних параметрів за даними [4] зведено в табл. 1, необхідних ЗВТ в табл. 2, де p_i – ймовірність правильної оцінки результату виконання перевірки, а вартість ЗВТ і час перевірки параметрів приведено в табл. 3.

Таблиця 1

Перелік вимірюваних параметрів радіостанції тактичної ланки управління Р-173

№ з/п	Параметр	Допустимі значення	Час вимірювання, t_i
1	Чутливість приймача з виключеним шумоподавачем	Не більше 1,5 мкВ	25 хв.
	Чутливість приймача з включеним шумоподавачем	Не більше 3 мкВ	
2	Нестабільність частоти радіостанції	Не більше $\pm 1,5$ кГц	22 хв.
3	Потужність передавача при номінальній напрузі борт мережі	Не менше 30 Вт	18 хв.
4	Струм споживання радіостанції при номінальній напрузі борт мережі не повинен перевищувати:		10 хв.
	в режимі прийому	1,5 А	
	в режимі передачі	9 А	
5	Девіації частоти передавача	В межах 4-6 кГц	15 хв.

Таблиця 2

Перелік контрольно-вимірювальної апаратури радіостанції Р-173

№ з/п	Назва засобів вимірювальної техніки	P_i	Параметри, які вимірюються
1	Амперметр Д5014	0,95	4
2	Вольтметр В7-15 з трійниковим переходом	0,85	3
3	Генератор НЧ сигналів Г3-102	0,834	5
4	Генератор сигналів ВЧ Г4-116	0,725	1
5	Вимірювач девіації СК3-43	0,9993	5
6	Мілівольтметр В3-41	0,834	1
7	Навантаження Э9-4А	-	3
8	Частотомір електронно-лічильний Ч3-54	0,9993	2

Результати розрахунку комплексного коефіцієнту параметрів радіостанції

Параметр	R_{Pi}	$\frac{0,35}{R_{Pi}}$	Re_i	$\frac{0,3}{Re_i}$	R_{ci}	$\frac{0,15}{R_{ci}}$	R_{Vi}	$\frac{0,2}{R_{Vi}}$	W_i	R
Чутливість приймача	1	0,3500	2	0,15	5	0,0300	3	0,067	0,5970	1
Потужність передавача	2	0,1750	2	0,15	4	0,0375	1	0,200	0,5625	3
Нестабільність частоти	3	0,1167	3	0,10	3	0,0500	4	0,050	0,3167	5
Девіації частоти	4	0,0875	1	0,30	1	0,1500	5	0,040	0,5775	2
Струм споживання	5	0,0700	2	0,15	2	0,0750	2	0,100	0,3950	4

Таблиця 5

Час і вартість вимірювання значень параметрів радіостанції Р-173

Варіант	Методика	Час вимірювань, хв.	Вартість ЗВТ, тис.грн.
1	Інструкція з експлуатації	113	26,115
2	Методика-прототип [4]	102	21,990
3	Запропонована методика	91	19,615

Таблиця 3

Вартість засобів вимірювальної техніки та час оцінки параметрів радіостанції Р-173

№	Параметр	ЗВТ	Ціна, тис.грн.	Вартість ЗВТ, тис.грн.	Час вим., хв.
1	Чутливість приймача	Г4-116 В3-41	4,896 0,5	5,396	41,3
2	Потужність передавача	В7-15 Э9-4А	2,448 0,3	2,748	22,0
3	Нестабільність частоти	Ч3-54	6,560	6,500	21,1
4	Девіації частоти	Г3-102 СК3-43	2,450 4,896	7,346	10,5
5	Струм споживання	Д5014	4,125	4,125	17,8

У такому разі в табл. 4 показано результати ранжування параметрів (R_{Pi} і Re_i за даними [4]) і розрахунок їх комплексного коефіцієнту W_i , де R – порядок вимірювання параметрів.

Ймовірність визначення реального ТС ВТЗ після перевірки R параметрів дорівнює [4]:

$$P = \prod_{i=1}^R L_i / L,$$

де L_i – кількість елементів ВТЗ, що впливають на формування параметрів і;

L – загальна кількість елементів ВТЗ.

З аналізу рис. 2 слідує, що множина елементів M_3 впливає на формування інших параметрів і при їх номінальному значенні нестабільність частоти, що підтверджується табл. 4, можливо не перевіряти, так як $P(R=4) = 1$.

Ефект від використання методики оцінюємо в порівнянні з інструкцією по експлуатації радіостанції Р-173 й результатами методики-прототипу (табл. 5).

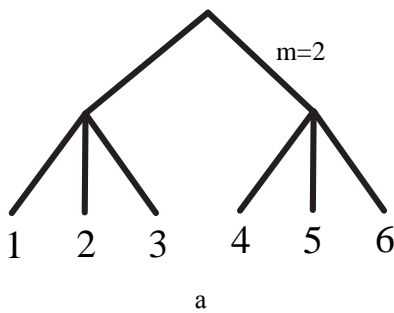
Таблиця 4

Оцінка ефекту від застосування запропонованої методики показала, що виключення із переліку параметрів необхідності перевірки нестабільності частоти дозволяє на 10,8 % скоротити час МОБ радіостанції при її ТО і на 11 % зменшити вартість ЗВТ в порівнянні з методикою-прототипом [4].

2. Обґрунтування мінімально необхідних вимог до засобів вимірювань при двоступеневій системі діагностування в процесі поточного ремонту військової техніки зв'язку. При поточному ремонті ВТЗ на першому етапі використовують вбудовані засоби діагностування, після чого на другому етапі за допомогою зовнішніх засобів вимірювання ведеться пошук несправного елемента в блоці або підсистемі.

Розглянемо можливі варіанти алгоритмів діагностування. При реалізації на першому етапі бінарних алгоритмів з модулем вибору $m = 2$ (індикаторів типу "норма - не норма") в найпростішому випадку для $L = 6$ елементів (рис. 3, а) отримуємо математичне сподівання відхилення діагнозу від істинного діагнозу при одній помилці оператора в оцінці результату виконання перевірки при відмові елемента $i = 1, 6$:

$$\begin{aligned} \rho_1 &= 3g_1p_2 + p_1g_2 = \rho_6; \\ \rho_2 &= 2g_1p_2 + p_1g_2 = \rho_5; \end{aligned}$$



$\rho_3 = g_1p_2 + p_1g_2 = \rho_4$,
де g_i – ймовірність помилкової оцінки результату виконання перевірки i ; p_i – ймовірність правильної оцінки результату виконання перевірки i . В такому випадку середнє значення математичного сподівання відхилення діагнозу

$$\rho' = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L \rho_i = \frac{2(6g_1p_2 + 3p_1g_2)}{6} = 2g_1p_2 + p_1g_2.$$

У другому випадку при використанні на першому етапі приладу, де значення "норма" виділено сектором на шкалі, отримуємо для $L = 6$ і $m = 3$ (рис. 3, б):

$$\begin{aligned} \rho_1 &= 2g_1p_2 + p_1g_2 = \rho_6; \\ \rho_2 &= g_1p_2 + p_1g_2 = \rho_5; \\ \rho_3 &= g_1p_2 + p_1g_2 = \rho_4; \\ \rho'' &= \frac{8g_1p_2 + 6p_1g_2}{6} = 1,333g_1p_2 + p_1g_2. \end{aligned}$$

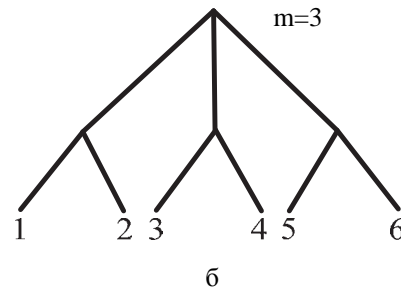


Рис. 3. Умовні невизначені алгоритми діагностування досконалої форми

Очевидно, що $\rho'' < \rho'$, отже, на першому етапі діагностування доцільно використовувати засоби вимірювання з можливістю оцінки результату "менше норми – норма – більше норми", тобто $m = 3$.

$$\begin{aligned} \rho_1 &= 8g_1p_2^3 + 4p_1g_2p_2^2 + 2p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{24}; \\ \rho_2 &= 7g_1p_2^3 + 3p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{23}; \\ \rho_3 &= 6g_1p_2^3 + 2p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{22}; \\ \rho_4 &= 5g_1p_2^3 + p_1g_2p_2^2 + 2p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{21}; \\ \rho_5 &= 4g_1p_2^3 + p_1g_2p_2^2 + 2p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{20}; \\ \rho_6 &= 3g_1p_2^3 + 2p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{19}; \end{aligned}$$

Для встановлення закономірності вимірювання комбінаторного ритму ρ_i розглянемо неоднорідний умовний алгоритм досконалої форми для $L = 24$ з $m = 3$ першої перевірки і $m = 2$ для інших. В такому випадку отримуємо:

$$\begin{aligned} \rho_7 &= 2g_1p_2^3 + 3p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{18}; \\ \rho_8 &= g_1p_2^3 + 4p_1g_2p_2^2 + 2p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{17}; \\ \rho_9 &= g_1p_2^3 + 4p_1g_2p_2^2 + 2p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{16}; \\ \rho_{10} &= 2g_1p_2^3 + 3p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{15}; \\ \rho_{11} &= 3g_1p_2^3 + 2p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{14}; \\ \rho_{12} &= 4g_1p_2^3 + p_1g_2p_2^2 + 2p_1g_2p_2^2 + p_1g_2p_2^2 = \rho_{13}. \end{aligned}$$

Тоді середнє значення математичного сподівання відхилення діагнозу складається:

$$\rho = \frac{\left(\sum_{i=1}^8 i + \sum_{i=1}^4 i \right) p_1g_2^3 + \left(3 \sum_{i=1}^4 i + 6 \sum_{i=1}^2 i + 12 \right) p_1g_2p_2^2}{12} = \frac{46}{12} p_1g_2^3 + 5p_1g_2p_2^2.$$

Легко помітити, що після поділу першою пере-
віркою об'єкта на $m = 3$ частини отримуємо бінарні
умовні алгоритми досконалої форми для 8 елемен-
тів, кількісна оцінка значення ρ для яких наведена в
[6–7]. Тоді для даного прикладу

$$\rho = \frac{\left(\sum_{i=1}^{L/m} i + \sum_{i=1}^{L/2m} i\right) p_1 g_2^{K_2} + \frac{\left(\frac{L}{m} + K_2 - 1\right) p_1 g_2^{K_2 - 1}}{2} p_1}{L/2}$$

де $K_2 = \log_2 \frac{L}{m}$ – середнє число перевірок на дру-
гому етапі пошуку. Розкриваючи суми остаточно
отримуємо:

$$\rho = \frac{1}{2m} \left(3 + \frac{5L}{2m}\right) p_1 g_2^{K_2} + \frac{\left(\frac{L}{m} + K_2 - 1\right) p_1 g_2^{K_2 - 1}}{2} =$$

$$= \frac{46}{12} p_1 g_2^3 + 5 p_1 g_2 p_2^2,$$

що відповідає отриманому раніше результату.

У загальному випадку для алгоритмів виду
рис. 4 математичне сподівання відхилення діагнозу

$$\rho = 0,5 p_2^{K_2 - 1} \cdot$$

$$\left[\left(3 + 2,5 \frac{L}{m}\right) p_1 g_2 / m + \left(\frac{L}{m} + K_2 - 1\right) p_1 g_2 \right].$$

Наприклад, при використанні на першому етапі
стрілочного вбудованого приладу з сектором "нор-
ма" на шкалі $\rho_1 = 0,971$, а на другому етапі цифро-
вого приладу з $\rho_2 = 0,9993$ для алгоритму рис. 4
отримуємо $\rho = 0,1143 < 0,5$, що відповідає вимогам
реалізації ремонту ВТЗ агрегатним методом [6–8].

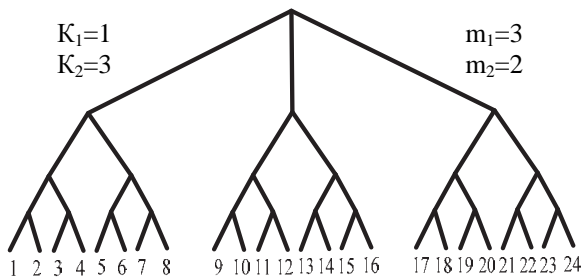


Рис. 4. Неоднорідний умовний алгоритм
діагностування досконалої форми

На рис. 5 приведена блок-схема алгоритму міні-
мізації вимог до засобів вимірювань параметрів
ВТЗ на другому етапі діагностування, де [6–8]:

$P = p_1 p_2^{K_2}$ – ймовірність правильної постано-
вки діагнозу;

$$T_{вд} = \frac{(K_2 + 1)t + t_y}{P} \text{ – середній час відновлення;}$$

t – середній час виконання перевірки;

t_y – середній час усунення несправності;

$T_{вд}$ – допустиме значення середнього часу
відновлення (задається в [8]).

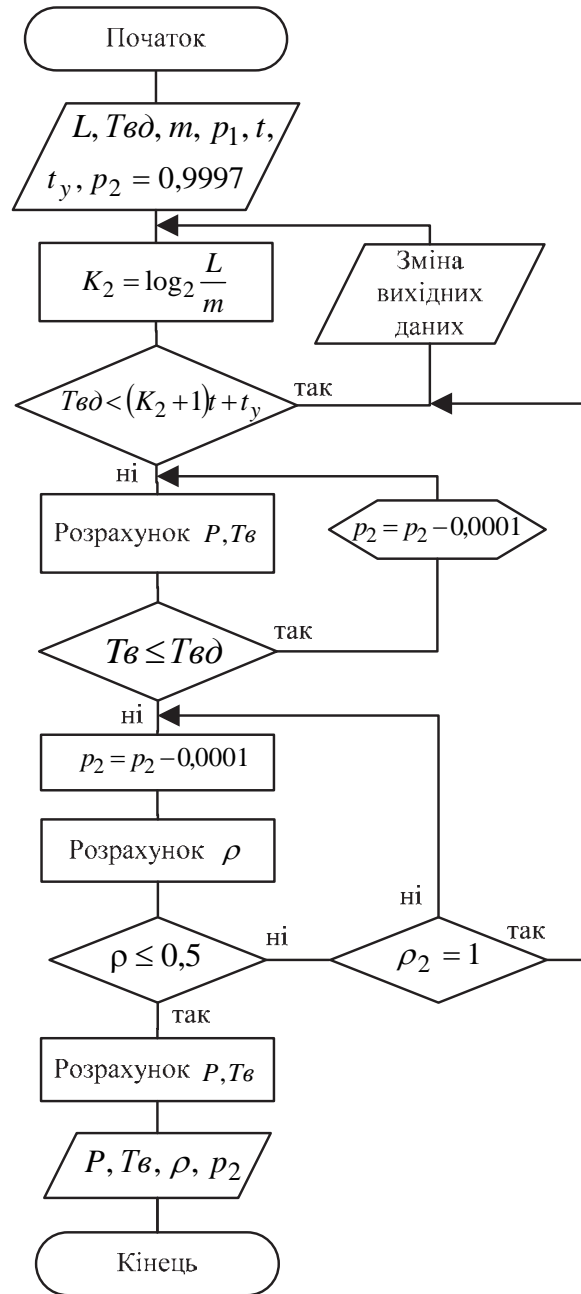


Рис. 5. Блок-схема алгоритму мінімізації вимог
до засобів вимірювань на другому етапі
діагностування

Після отримання мінімально необхідного для
другого етапу діагностування значення p_2 , клас
точності або кількість розрядів засобів вимірювань
визначають по відомим методикам [6–8]. Якщо фор-
ма алгоритму відрізняється від досконалої, то точ-
не значення ρ можна отримати прямими обчислен-
нями або ж обмежаться використанням отриманого
аналітичного виразу для орієнтовної оцінки, якщо
при цьому $\rho < 0,5$.

Порядок використання отриманих результатів
розглянуто на прикладі розробки діагностичного
забезпечення блоку електроживлення збудника і

радіоприймача радіостанції середньої потужності Р-161 [8].

Результати використання блок-схеми алгоритму рис. 5 в порівнянні з прототипом [8] наведені в табл. 6.

Таблиця 6
Показники якості діагностичного забезпечення

Показники якості	Прототип [8]	Блок-схема алгоритму рис. 5
Ймовірність правильної оцінки результату перевірки на другому етапі пошуку, P_2	0,985	0,917
Ймовірність правильної постановки діагнозу, P	0,934	0,674
Середній час відновлення, $T_{в}$, хв.	20,8	17,1
Математичне сподівання відхилення діагнозу, ρ	0,49	0,49

Застосування отриманих результатів при розробці діагностичного забезпечення в цьому випадку дозволяє на 7% зменшити вимоги до ймовірності правильної оцінки результату виконання перевірки, що веде до зниження вартості засобів вимірювань на другому етапі пошуку, а також на 18% скоротити середній час відновлення не дивлячись на деяке зниження ймовірності правильної постановки діагнозу, що не є істотним при ремонті агрегатним методом.

Список літератури

1. Костіна О.М. Методика визначення технічного рівня засобів і комплексів зв'язку та автоматизації / О.М. Костіна, С.В. Толубко, Л.А. Дідок // Збірник наукових праць Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України. – К.: ЦНДІ ОВТ ЗС України, 2011. – Вип. 21 (43). – 240 с.
2. Керівництво з технічного забезпечення зв'язку та автоматизації управління військами Збройних Сил України / В.М. Дзюба, С.Д. Ковальчук, В.А. Рижаків і ін. – К.: Воєнне видавництво, 2003. – 259 с.
3. ДСТУ В 3576-97 Експлуатація та ремонт військової техніки. Терміни та визначення. Чинний від 1998.07.01. – К.: Державний стандарт України, 1998. – 60 с.
4. Рижов С.В. Підхід щодо обґрунтування мінімально необхідної кількості параметрів та послідовність їх вимірювання для метрологічного обслуговування військової техніки зв'язку / С.В. Рижов, М.Ю. Яковлев, О.В. Федін // Міжнародна науково-технічна конференція «Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ». – Львів: АСВ, 2014. – С. 204.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. Яковлев М.Ю. Підхід до вибору засобів вимірювальної техніки військового призначення для метрологічного обслуговування військової техніки зв'язку / М.Ю. Яковлев, С.В. Рижов // Військово-технічний збірник Академії СВ. – 2014. – № 1 (10). – С. 119-127.

References

1. Kostina, O.M., Tolubko, Ye.V. and Didok, L.A. (2011), "Metodyka vyznachennia tekhnichnoho rivnia zasobiv i kompleksiv zviazku ta avtomatyzatsii" [Methodology for determining the technical level of facilities and communication and

automation systems], *Zbirnyk naukovykh prats Tsentralnyi-naukovo-doslidnyi instytut ozbroiennia ta viskovoï tekhniki Zbroinykh Syl Ukrainy*, No. 21(43), pp. 235-240.

2. Dziuba, V.M., Kovalchuk, Ye.D. and Ryzhakov, V.A. (2003), "Kerivnytstvo z tekhnichnoho zabezpechennia zviazku ta avtomatyzatsii upravlinnia viiskamy Zbroinykh Syl Ukrainy" [Manual on technical support of communication and automation of the control of troops of the Armed Forces of Ukraine], Voienne vydavnytstvo, Kyiv, 259 p.

3. DSTU V 3576-97. (1998), "Ekspluatatsiia ta remont viiskovoï tekhniki. Terminy ta vyznachennia" [Operation and repair of military equipment. Terms and definitions], Chynnyi vid 1998.07.01, Derzhavnyi standart Ukrainy, Kyiv, 60 p.

4. Ryzhov, Ye.V., Yakovlev, M.Yu. and Fedin, O.V. (2014), "Pidkhdid shchodo obgruntuvannia minimalno neobkhdnoi kilkosti parametrov ta poslidoynist yikh vymiriuvannia dlia metrolohichnoho obsluhovuvannia viiskovoï tekhniki zviazku" [The approach to substantiating the minimum number of parameters required and the sequence of their measurement for metrological maintenance of military communication equipment], *Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiia – Perspektyvy rozvytku ozbroiennia ta viiskovoï tekhniki Sukhoputnykh viisk*, Lviv, pp. 204.

5. Sakovych, L.M. and Vasyliuk, Yu.S. (2016), "Metodyka rozrobky diahnostychnoho zabezpechennia potochnoho remontu tekhniki zviazku z kompleksnym vykorystanniam yii nadlyshkovosti" [Methodology of development of diagnostic support of the current repair of the technique of communication with the complex use of its redundancy], *Zviazok*, No. 2, pp. 48-55.

6. Sakovych, L.N., Dziuba, V.N. and Pavlov, V.P. (2003), "Vybor sredstv yzmerenyi sohlasno trebovaniy k remontopryhodnosti sredstv sviazy" [Selection of measuring instruments in accordance with the requirements for the maintenance of communication means], *Zviazok*, No. 2, pp. 23-25.

7. Sakovych, L.N., Dziuba, V.N. and Pavlov, V.P. (2003), "Opredelenye metrolohicheskikh kharakterystyk sredstv yzmerenyi dlia obsluhivnyia y remonta sredstv sviazy" [Definition of metrological characteristics of measuring instruments for maintenance and repair of communication equipment], *Zviazok*, No. 5, pp. 17-19.

8. Yakovlev, M.Yu. and Ryzhov, Ye.V. (2014), "Pidkhdid do vyboru zasobiv vymiriuvanoi tekhniki viiskovoho pryznachennia dlia metrolohichnoho obsluhovuvannia viiskovoï tekhniki zviazku" [Approach to the selection of military measuring equipment for metrological maintenance of military communication equipment], *Viiskovo-tekhnichnykh zbirnyk Akademii SV*, No. 1(10), pp. 119-127.

Надійшла до редколегії 11.04.2017

Схвалена до друку 20.07.2017

Відомості про авторів:

Яковлев Максим Юрійович

доктор технічних наук старший науковий співробітник
заступник начальника Наукового центру Сухопутних
військ з наукової роботи Національної академії
сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного,
Львів, Україна
orcid.org/0000-0002-3009-0719
e-mail: maksymyakovlev@gmail.com

Сакович Лев Миколайович

кандидат технічних наук доцент професор кафедри
Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації
Національного технічного університету України
"Київський політехнічний інститут"
імені Ігоря Сікорського,
Київ, Україна
orcid.org/0000-0002-8257-7086
e-mail: lev@sakovich.com.ua

Рижов Євген Вікторович

кандидат технічних наук
старший науковий співробітник Наукового центру
Сухопутних військ Національної академії сухопутних
військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного,
Львів, Україна
orcid.org/0000-0002-0132-3931
e-mail: zheka1203@ukr.net

Аркушенко Павло Леонідович

начальник відділення Державного науково-
випробувального центру Збройних Сил України,
Чернігів, Україна
orcid.org/0000-0002-1902-696X
e-mail: apl1981@ukr.net

Information about the authors:

Yakovlev Maxim

Doctor of Technical Sciences Senior Research,
Deputy Chief of the Scientific Center of the Land
Forces for Scientific Work of National Army Academy
named after Hetman Sahaidachny,
Lviv, Ukraine
orcid.org/0000-0002-3009-0719
e-mail: maksymyakovlev@gmail.com

Sakovych Lev

Candidate of Technical Sciences Associate Professor,
Professor of State institution «Institute of special
communication and information security of National technical
university of Ukraine «Kyiv polytechnic institute»,
Kyiv, Ukraine
orcid.org/0000-0002-8257-7086
e-mail: lev@sakovich.com.ua

Ryzhov Yevhen

Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher of the Land Forces Scientific Center
of National Army Academy
named after Hetman Sahaidachny,
Lviv, Ukraine,
orcid.org/0000-0002-0132-3931
e-mail: zheka1203@ukr.net

Arkushenko Pavlo

Head of the Department of the State Scientific and Testing
Center of the Armed Forces of Ukraine,
Chernihiv, Ukraine,
orcid.org/0000-0002-1902-696X
e-mail: apl1981@ukr.net

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ СВЯЗИ

М.Ю. Яковлев, Л.Н. Сакович, Е.В. Рыжов, П.Л. Аркушенко

В статье предложена усовершенствованная методика обоснования последовательности и количества минимально необходимых параметров для проведения метрологического обслуживания военной техники связи, которая отличается от известных комплексным учетом временных и стоимостных показателей качества метрологического обслуживания. Это влияет на последовательность и количество измерения значений параметров, и снижает стоимость средств измерительной техники за счет обслуживания минимально необходимого количества параметров без снижения вероятности правильной оценки технического состояния военной техники связи. Обоснованно минимально необходимые требования к средствам измерений при двухступенчатой системе диагностики в процессе текущего ремонта военной техники связи, что обеспечивает уменьшение времени ее восстановления за счет совершенствования диагностического оборудования.

Ключевые слова: метрологическое обслуживание, техническое обслуживание, оценка технического состояния, военная техника связи, средства измерительной техники, текущий ремонт.

IMPROVEMENT OF METROLOGICAL EXPERTISE OF MILITARY COMMUNICATION MEANS

M. Yakovlev, L. Sakovych, Y. Ryzhov, P. Arkushenko

Analysis of available methods for metrological examination of military communication equipment shows that minimization of costs for metrological maintenance, is in great demand. Reduction of the time needed for repair of military communication equipment due to the improvement of the diagnostic equipment is also an important task. An advanced methodology for justification of the sequence and number of minimally required parameters for carrying out the metrological service of military communication means is proposed. The proposed methodology differs from its analogs by simultaneous account for the time and cost parameters describing quality of metrological service. This influences on the consistency and quantity of measurement of the values of parameters, and reduces the cost of measuring equipment through the maintenance of the minimum required number of parameters without lowering of the parameter of proper assessment of the technical state of military communication equipment. Mathematical apparatus of the advanced technique implies application of the methods of the theory of sets, probability theory and the theory of processing the results of an expert survey. The minimally necessary requirements for measuring instruments at the two-stage diagnostic system in the process of the current repair of military communication equipment are justified. The latter provides reduction of the time for its restoration by improving diagnostic equipment. Obtained results are important for scientifically justified decisions when choosing the parameters to be monitored and substantiated by metrological characteristics of measuring equipment at the stages of designing and developing of existing and prospective samples of military communication equipment.

Keywords: metrological services, maintenance, technical condition assessment, military communications means, measuring instruments, current repair.