

Л. М. Сакович, Г. Я. Криховецький, О. В. Міхін, Ю. В. Мирошніченко

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

ОЦІНКА ВПЛИВУ МЕТРОЛОГІЧНОГО ТА ДІАГНОСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗА СТАНОМ ЗАСОБІВ ЗВ'ЯЗКУ

Анотація. Мета статті – кількісна оцінка впливу якості метрологічного та діагностичного забезпечення на формування послідовності і обмеження кількості перевірок при технічному обслуговуванні за станом складних радіоелектронних комплексів, включаючи сучасні засоби зв'язку з цифровою обробкою інформації. В результаті аналізу існуючої системи технічного обслуговування встановлено переваги обслуговування виробів за станом. При цьому для визначення послідовності перевірок не в повній мірі враховують властивості метрологічного і діагностичного забезпечення. **Результати дослідження.** У статті вперше розглянуто і отримано кількісну оцінку впливу метрологічного та діагностичного забезпечення на показники якості технічного обслуговування засобів зв'язку. Показано, що найбільший вплив на час виконання технічного обслуговування та ймовірність визначення при цьому технічного стану виробів оказує діагностичне забезпечення робіт з використанням сучасного метрологічного забезпечення. Також показано, що на значення показників якості технічного обслуговування значно впливають підготовка фахівців та технологічне оснащення ремонтного органу, вміння виконавців в повному обсязі використовувати можливості сучасних засобів виміральної техніки. **Висновок.** Отримані результати доцільно використовувати при удосконаленні існуючих або створення нових інструкцій технічного обслуговування за станом перспективних засобів зв'язку або інших складних виробів радіоелектронних систем.

Ключові слова: засоби зв'язку; метрологічне та діагностичне забезпечення; технічне обслуговування за станом.

Вступ

Технічне обслуговування засобів зв'язку – невід'ємна частина їх технічної експлуатації, яка суттєво впливає на надійність системи зв'язку. Існують різноманітні принципи організації технічного обслуговування, але найбільш ефективним є технічне обслуговування за станом засобів зв'язку. Для його практичного впровадження відсутні конкретні рекомендації щодо визначення послідовності виконання перевірок засобів зв'язку, їх мінімально необхідної кількості, потрібних для цього засобів виміральної техніки. Безперервно розвиваються теорія експлуатації складних систем, технічна діагностика їх обладнання, метрологія. Але ці досягнення не використовують в існуючих інструкціях технічного обслуговування засобів зв'язку. Тому стаття присвячена кількісній оцінці впливу метрологічного та діагностичного забезпечення технічного обслуговування за станом засобів зв'язку для наукового обґрунтування підходів до його впровадження в реальних умовах з метою досягнення максимального ефекту.

Постановка завдання. Метрологічне забезпечення (МЗ) технічних пристроїв – комплекс науково-технічних та організаційно-технічних заходів, а також діяльність відповідних організацій і фахівців, спрямованих на забезпечення єдності та точності вимірювань для досягнення необхідних характеристик функціонування технічних пристроїв [1].

Діагностичне забезпечення (ДЗ) – комплекс взаємно погоджених правил, методів, алгоритмів і засобів, необхідних для здійснення діагностування на всіх етапах життєвого циклу об'єкту (ДСТУ 2389-94). Важливе завдання технічного діагностування – визначення технічного стану (ТС) об'єктів під час технічного обслуговування (ТО) і поточного ремонту (ПР) із заданою точністю. Достовірність

технічного діагностування – ступінь об'єктивної відповідності діагнозу дійсному ТС об'єкту, що характеризується в певний момент часу за певних умов зовнішнього середовища значеннями параметрів, встановлених технічною документацією на об'єкт (ДСТУ 2389-94).

Поступове впровадження методів і засобів цифрової обробки інформації у виробках військового призначення без відповідного їх МЗ та ДЗ викликає труднощі при визначенні реального ТС в процесі ТО і ПР цифрових пристроїв засобів зв'язку.

Таким чином, виникає необхідність визначення впливу якості МЗ та ДЗ на оцінку реального ТС засобів зв'язку під час їх ТО і ПР для обґрунтованого вибору послідовності і необхідної кількості вимірювань значень параметрів при практичному впровадженні технічного обслуговування за станом (ТОС).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Система ТО – сукупність взаємопов'язаних засобів, виконавців і документації для підтримання та відновлення справного чи працездатного ТС виробів під час їх технічної експлуатації. Вид ТО виробів відрізняється за однією з ознак: етапом експлуатації, періодичністю, обсягом робіт, умовами експлуатації, регламентацією тощо.

Метод ТО – сукупність технологічних і організаційних правил виконання операцій ТО виробів (ДСТУ В 3576-97).

До основних завдань ТО належать:

- попередження передчасного зносу механічних елементів та виходу електричних параметрів апаратури за межі встановлених норм;
- виявлення та усунення несправностей та причин їх виникнення;
- доведення параметрів та характеристик до норм;

- продовження строків служби та термінів експлуатації.

Принципи організації ТО [2]:

- календарний – роботи проводяться через визначені відрізки часу незалежно від напрацювання (легко планувати, але перевитрати сил і засобів на ТО техніки, яка не працювала);

- за напрацюванням – роботи проводяться після досягнення визначеного напрацювання (важко планувати, але економія сил і засобів);

- комбінований – роботи проводяться не тільки після напрацювання апаратури визначеної кількості годин, але й у певний календарний час.

При цьому розрізняють стратегії ТО [2]:

- стратегія за напрацюванням – передбачає єдиний обсяг та періодичність робіт незалежно від фактичної потреби в них кожного конкретного виробу;

- стратегія за станом – перевірка параметрів виробу із заданою періодичністю, а перелік робіт залежить від результатів контролю.

В останньому випадку легко планувати строки виконання ТО і досягається економія сил та засобів без зниження якості робіт. Більш надійну апаратуру обслуговують рідше. При цьому під час ТО більш глибоко контролюють ТС, що дозволяє уникнути великої кількості відмов.

В ранніх роботах [3] обґрунтована ефективність ТОС, в [2] приведено методику визначення періодичності перевірки параметрів. Також обґрунтовано критерії якості ТО.

В [4] вперше запропоновано визначати послідовність перевірок параметрів залежно від часу і вартості їх виконання, важливості впливу параметру на працездатність виробу та ймовірності помилки виконавця в оцінці значення параметру.

За останні роки проведено дослідження в галузі технічної діагностики [5, 6] і метрології [7, 8] та показано вплив метрологічної надійності на час виконання ТО [9, 10]. Зазначену обставину враховано в [11], але відсутня оцінка впливу МЗ та ДЗ на формування послідовності перевірок виробу під час ТОС. В подальшому отримані результати досліджень використане в методичному обґрунтуванні порядку перевірки параметрів при ТОС радіоелектронних комплексів [12].

З проведеного аналізу слідує, що в даний час найбільш доцільно використовувати ТОС складних радіоелектронних комплексів, при цьому необхідно, під час формування послідовності перевірок і обмеженні їх кількості, врахувати особливості МЗ та ДЗ, які відсутні у відомих роботах.

Мета статті – кількісна оцінка впливу якості МЗ та ДЗ на формування послідовності і обмеження кількості перевірок при ТОС складних радіоелектронних комплексів, включаючи сучасні засоби зв'язу з цифровою обробкою інформації.

Основна частина

В розглянутих роботах встановлено, що в першу чергу доцільно перевіряти параметри найменш надійних підсистем, або конструктивних одиниць

виробу. Крім того, час вимірювань параметрів і усунення виявлених несправностей також повинні бути мінімальними. Ці вимоги враховує ймовірність переважного вибору (ЙПВ) параметру [11, 12]

$$u_i = \frac{P_{zi} V_i p_i}{\tau_i f_i q_i},$$

що має некеровані зміни, які безпосередньо залежать від об'єкту: p_i – ймовірність відмови підсистеми i ; V_i – значимість впливу підсистеми i на працездатність виробу в цілому (можливо з частковою втратою якості).

Значення p_i визначають під час розрахунку надійності виробу

$$p_i = z_i / \sum_{j=1}^M z_j = z_i T; \quad \sum_{i=1}^M p_i = 1;$$

де z_i – параметр потоку відмов підсистеми i ; M – загальна кількість підсистем виробу; T – наробіток виробу на відмову.

Значення V_i визначають в результаті експертного опитування фахівців або обробки статистичних даних про відмови виробу та їх вплив на зниження якості функціонування, при цьому

$$\sum_{i=1}^M V_i = 1.$$

В такому випадку на їх значення під час ТО виробу впливати неможливо, тому позначимо

$$p_i V_i = C_i = const.$$

Інші зміни ЙПВ керовані в процесі виконання ТО та залежать від якості МЗ та ДЗ.

Метрологічні характеристики засобів виміральної техніки (ЗВТ) суттєво впливають на значення ЙПВ:

$$P_{zi} = \prod_{j=1}^{m_i} P_j,$$

де P_{zi} – метрологічна надійність m_i ЗВТ, що використовують при оцінці значення параметрів P_j підсистеми i .

Під метрологічною надійністю розуміють ймовірність безвідмовної роботи ЗВТ в міжповірочний період.

Вибір ЗВТ також впливає на q_i – ймовірність помилки фахівця при оцінці результату перевірки i .

Вона також залежить від умов проведення ТО і може змінюватись в досить широких межах: $0,003 \leq q_i \leq 0,3$.

Мінімум q_i при використанні цифрових ЗВТ в стаціонарних умовах, а максимум при використанні аналогових ЗВТ в польових умовах. Якщо $1 \leq m_i \leq 3$, то орієнтовно за даними [7 – 11]

$$0,91 \leq P_{zi} \leq 0,97.$$

Тобто вплив МЗ на ЙПВ змінюється в досить широких межах

$$30 \leq P_{zi}/q_i \leq 300.$$

На інші керовані змінні впливають якість ДЗ і підготовка фахівців ремонтного органу:

$$\tau_i = t_i / \sum_{j=1}^M t_j; \quad \sum_{i=1}^M \tau_i = 1;$$

де t_i – час перевірки працездатності підсистеми i ; τ_i – відносний час перевірки підсистеми i в порівнянні з виробом в цілому.

Якщо для оцінки ТС підсистеми i використовувати умовні алгоритми [5, 6], то отримуємо граничні значення для алгоритмів мінімальної і максимальної форми

$$t \log_2 L_i \leq t_i \leq 0,5L_i t,$$

де t – середній час виконання перевірки; L_i – кількість елементів підсистеми i .

В такому разі якщо $\sum_{i=1}^M L_i = L$ – загальна кількість елементів виробу, отримуємо межі зміни значення τ_i :

$$\frac{\log_2 L_i}{\sum_{j=1}^M \log_2 L_j} \leq \tau_i \leq \frac{L_i}{L}.$$

Остання керована змінна залежить від якості ДЗ, технологічного оснащення ремонтного органу і кваліфікації фахівців:

$$f_i = \frac{t_{bi}}{\sum_{j=1}^M t_{bj}}; \quad \sum_{i=1}^M f_i = 1;$$

де f_i – відносний час відновлення підсистеми i після її відмови (відхилення значення параметру за допустимі межі); t_{bi} – час відновлення підсистеми i .

Після розрахунку u_i ($i = \overline{1, M}$) всіх підсистем виробу виконують нормування ЙПВ [12]:

$$U_i = \frac{u_i}{\sum_{j=1}^M u_j}; \quad \sum_{i=1}^M U_i = 1.$$

В подальшому підсистеми виробу ранжують в порядку зменшення значення U_i . Після перевірки $1 \leq n \leq M$ підсистем ймовірність справного стану виробу дорівнює

$$P(n) = \sum_{i=1}^n L_i / L.$$

При обмеженому часі ТО і заданому значенні ймовірності визначення ТС P_d підсистеми перевіряють у встановленому порядку до виконання умови:

$$\sum_{i=1}^n U_i \geq P_d; \quad 1 \leq n \leq M.$$

При цьому час перевірки виробу при ТОС дорівнює

$$T_n = \sum_{i=1}^n t_i.$$

Розглянемо використання отриманих результатів на прикладі табл. 1 із [12], де δ_i – ймовірність правильної оцінки результату перевірки ($q_i = 1 - \delta_i$).

Таблиця 1 – Вихідні дані підсистем виробу

i	$z_i 10^{-6}, \text{год}^{-1}$	$t_i, \text{хв}$	$t_{bi}, \text{хв}$	δ_i	P_{zi}	V_i	L_i	q_i
1	4	15	10	0,942	0,85	0,025	80	0,058
2	4	15	12	0,931	0,88	0,025	120	0,069
3	10	20	15	0,910	0,81	0,050	370	0,090
4	10	20	20	0,988	0,79	0,050	410	0,012
5	6	10	11	0,945	0,91	0,050	350	0,055
6	7	10	8	0,956	0,88	0,050	430	0,044
7	6	10	16	0,912	0,93	0,050	330	0,088
8	25	30	25	0,980	0,95	0,200	110	0,020
9	4	15	22	0,982	0,89	0,200	70	0,018
10	4	15	18	0,901	0,87	0,200	510	0,099
11	20	25	24	0,985	0,88	0,100	360	0,015

Результати моделювання за відомою методикою [12] з визначенням рангу R_i (порядку перевірки підсистем) приведено в табл. 2. З використанням отриманих зауважень отримуємо результати, які приведені в табл. 3.

Таблиця 2 – Визначення порядку перевірки підсистем

i	τ_i	f_i	P_i	u_i	U_i	R_i
1	0,054	0,055	0,04	4,934	0,0158	9
2	0,065	0,066	0,04	2,973	0,0095	11
3	0,082	0,083	0,10	6,612	0,0212	8
4	0,108	0,110	0,10	27,707	0,0888	4
5	0,059	0,061	0,06	13,792	0,0442	6
6	0,043	0,044	0,07	36,998	0,1186	3
7	0,086	0,088	0,06	4,189	0,0134	10
8	0,145	0,138	0,25	118,691	0,3805	1
9	0,119	0,121	0,04	27,471	0,0881	5
10	0,097	0,099	0,04	7,321	0,0235	7
11	0,142	0,135	0,20	61,207	0,1964	2

Таблиця 3 – Результати розрахунку ймовірності переважного вибору

i	C_i	P_{zi}/q_i	$\log_2 L_i$	τ_i	u_i	U_i	R_i
1	0,001	14,65	6,32	0,074	2,199	0,0091	10
2	0,001	12,75	6,67	0,078	1,816	0,0075	11
3	0,005	9,00	8,26	0,098	5,102	0,0211	8
4	0,005	65,80	8,65	0,101	36,194	0,1500	2
5	0,003	16,54	8,25	0,097	5,684	0,0235	7
6	0,0035	20,00	8,66	0,101	7,701	0,0319	4
7	0,003	10,57	8,24	0,097	3,632	0,0150	9
8	0,050	47,50	6,66	0,078	33,832	0,1402	3
9	0,008	49,44	6,13	0,072	6,104	0,0253	6
10	0,008	8,79	8,97	0,106	7,371	0,0305	5
11	0,020	58,67	8,49	0,099	131,695	0,5459	1

Для порівняння результатів в однакових умовах розрахуємо середній час виконання перевірки згідно [12] в припущенні, що ТС підсистем також визначався з використанням умовних алгоритмів діагностування:

$$t = \sum_{i=1}^{11} t_i / \sum_{i=1}^{11} \log_2 L_i = 2,17 \text{ хв.}$$

Середній час відновлення при відмові будь-якої підсистеми

$$t_b = \sum_{i=1}^{11} t_{bi} / 11 = 16,45 \text{ хв.}$$

Результати порівняння середнього часу ПР після визначення відхилення значення параметру при ТОС виробу зведено в табл. 4.

Залежності $T_{пр}(R_C)$ згідно [12] і $T_{пр}(R_H)$ згідно табл. 4 приведено на рис. 1.

Таблиця 4 – Розрахунок часу поточного ремонту

i	Згідно [12]			$T_{пр} = k_i t + t_b$				
	R_c	$k_i t$	t_{bi}	$T_{пр}(R_c)$	R_H	$k_i t$	$T_{прi}$	$T_{пр}(R_H)$
1	9	15	10	313	10	13,7	30,1	335,1
2	11	15	12	366	11	14,5	30,9	366,0
3	8	20	15	288	8	17,9	34,3	270,6
4	4	20	20	162	2	18,8	35,2	70,1
5	6	10	11	220	7	17,9	34,4	236,3
6	3	10	8	122	4	18,8	35,3	136,2
7	10	10	16	339	9	17,9	34,4	305,0
8	1	30	25	55	3	14,4	30,8	100,9
9	5	15	22	199	6	13,3	29,8	201,9
10	7	15	18	253	5	19,5	35,9	172,1
11	2	25	24	104	1	18,4	34,9	34,9

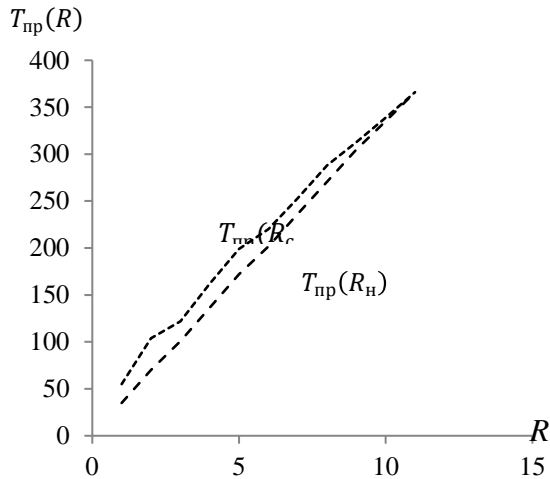


Рис. 1. Залежності середнього часу поточного ремонту виробу при використанні існуючого і запропонованого підходів до ранжування порядку виконання перевірок (Fig. 1. Dependencies of a product current repair average time at use of the existing and offered approaches to ranking of the checks performance order)

Значення абсолютного середнього виграшу в часі виконання ПР дорівнює

$$\Delta_T = \sum_{i=1}^M [T_{прi}(R_c) - T_{прi}(R_H)] / M.$$

Для прикладу, що розглянуто, $\Delta_T = 17,44$ хв. Відносний виграш в часі виконання ПР

$$\delta_T = \frac{\Delta_T}{\max T_{пр}(R_c)} \cdot 100\% = 4,76\%.$$

Взагалі маємо виграш в скороченні часу ПР після визначення відхилення параметру від норми, якщо після виконання $1 \leq M \leq R$ перевірок згідно ранжування параметрів

$$\sum_{i=1}^r (t_i + t_{bi}) > \sum_{i=1}^r (k_i t + t_b).$$

Розглянемо залежності важливого показника ТОС – ймовірності правильної оцінки ТС після виконання визначеної кількості перевірок згідно встановленого рейтингу, що приведено в табл. 5 і відображено на рис. 2 для розглянутого прикладу, де

$$P(r) = \sum_{i=1}^r L_i / L; \quad 1 \leq r \leq R.$$

Таблиця 5 – Залежності ймовірності правильної оцінки технічного стану виробу від кількості перевірок параметрів

i	Згідно [12]			Згідно R_H		
	R_c	$\sum_{i=1}^r L_i$	$P(R_c)$	R_H	$\sum_{i=1}^r L_i$	$P(R_H)$
1	9	2690	0,8567	10	3020	0,9618
2	11	3140	1,000	11	3140	1,000
3	8	2610	0,8312	8	2610	0,8312
4	4	1310	0,4172	2	770	0,2452
5	6	1730	0,55095	7	2240	0,7134
6	3	900	0,2866	4	1310	0,4172
7	10	3020	0,9618	9	2940	0,9363
8	1	110	0,0350	3	880	0,2802
9	5	1380	0,4395	6	1890	0,6020
10	7	2240	0,7134	5	1820	0,5796
11	2	470	0,1497	1	360	0,1146

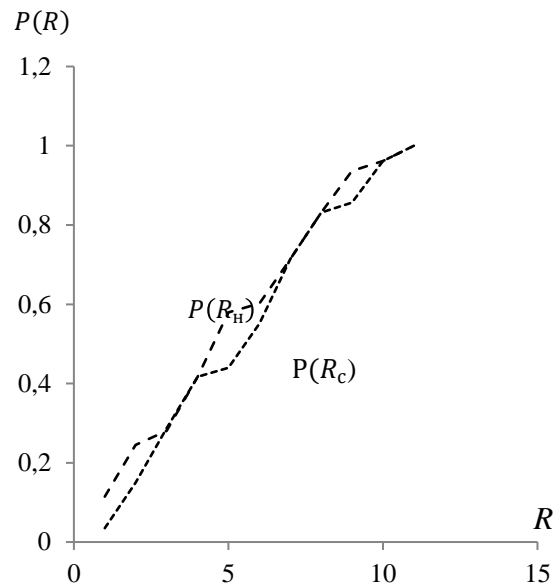


Рис. 2. Залежності ймовірності правильної оцінки технічного стану виробу від кількості перевірок параметрів (Fig. 2. Dependencies of correct assessment probability of the product technical condition on the number of parameter checks)

Аналіз отриманих результатів показує, що $P(R_c) \leq P(R_H)$. При цьому відносний виграш в збільшенні ймовірності правильної оцінки ТС виробу під час ТОС дорівнює:

$$\delta_P = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M [P_i(R_H) - P_i(R_c)] \cdot 100\%.$$

Для прикладу, що розглядається, отримуємо $\delta_P = 4,1\%$. При обмеженому часі виконання ТОС отримана залежність дозволяє при заданому значенні ймовірності оцінки ТС виробу визначити необхідну кількість перевірок (рис. 2) та час на їх виконання (рис. 1). Наприклад, при заданій ймовірності визначення ТС виробу не менше 0,9 згідно [12] необхідно виконати 10 перевірок, а з врахуванням отриманих результатів достатньо 9, що на 9% менше. При цьому час виконання перевірок скорочується з 339 хв до 305 хв, що також менше на 10% (табл. 4).

Таким чином показано, що удосконалення МЗ та ДЗ під час ТОС дозволяє покращити часові та ймовірнісні показники процесу.

Висновки

В результаті аналізу існуючої системи технічного обслуговування встановлено переваги обслуговування виробів за станом. При цьому для визначення послідовності перевірок не в повній мірі враховують властивості метрологічного і діагностичного забезпечення.

Встановлено межі впливу метрологічного і діагностичного забезпечення на значення ймовірності переважного вибору перевірок для їх подальшого ранжування. На конкретному прикладі показано переваги врахування сучасних досягнень в галузі

метрології і технічної діагностики при кількісній оцінці значення ймовірності переважного вибору перевірок, що дозволило до 5% підвищити достовірність оцінки технічного стану виробу при відповідному зниженні часу, а також до 10% скоротити кількість перевірок при забезпеченні заданої достовірності оцінки технічного стану.

Подальші дослідження доцільно направити на удосконалення технічних операцій виконання технічного обслуговування за станом складних радіоелектронних комплексів для підвищення його ефективності, особливо при обмеженому часі та в польових умовах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України “Про метрологію та метрологічну діяльність” від 05.06.2014 № 1314-VII. Відомості Верховної Ради, 2014, № 30, ст. 1008
2. Барзилович Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем. Москва: Высшая школа, 1982, 231 с
3. Василишин В.І., Женжера С.В., Чечуй О.В., Глушко А.П. Основи теорії надійності та експлуатації радіоелектронних систем. Харків: ХНУПС, 2018. 268 с.
4. Сакович Л.М., Бобро Р.А. Выбор параметров и последовательности их измерения при техническом обслуживании средств связи по состоянию. Зв’язок, 2006, № 3. С. 54-56
5. Ксёэнз С.П., Волынский А.А., Климентов В.И. Теоретические и прикладные задачи диагностирования средств связи и автоматизации. Ленинград: ВАС, 1990. 336 с.
6. Ксёэнз С.П., Полтаржизкий М.И., Алексеев С.П., Минеев В.В. Борьба с диагностическими ошибками при техническом обслуживании и ремонте систем управления связи и навигации. Санкт-Петербург: ВАС, 2010, 240 с.
7. Кононов В.Б., Водолашко О.В., Коваль О.В. Основи експлуатації засобів вимірювальної техніки військового призначення в умовах проведення АТО. Харків: ХНУПС, 2017, 288 с.
8. Volodymyr Kononov, Yevhen Ryzhov, Lev Sakovych. Dependence of parameters of repair of military communication means on the quality of metrological support. *Advanced Information Systems*. 2017, Vol. 2, № 1, P. 91-95. DOI: <http://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.1.17>
9. Sakovych L., Ryzhov Ye, Sobolev A. Method of time distribution for repair of radio electronic means with multiple defects. *Military Technical Collection*. Львів: НАСВ, 2019, № 21. С. 72-77.
10. Рижов Є.В., Сакович Л.М. Оцінка впливу метрологічної надійності засобів вимірювальної техніки на показники ремонтпридатності військової техніки зв’язку. Київ: ЦНДІ ОБТ ЗС України, 2018. № 2 (18). С. 58–61. DOI: [http://doi.org/10.34169/2414-0651.2018.2\(18\).58-61](http://doi.org/10.34169/2414-0651.2018.2(18).58-61).
11. Рижов Є.В., Сакович Л.М. Метод визначення послідовності перевірки параметрів під час технічного обслуговування військової техніки зв’язку за станом. Київ: ЦНДІ ОБТ ЗС України, 2017. № 4 (16). С. 70-72. DOI: [https://doi.org/10.34169/2414-0651.2017.4\(16\).70-72](https://doi.org/10.34169/2414-0651.2017.4(16).70-72).
12. Гнаток С.Є., Сакович Л.М., Мирошніченко Ю.В. Моделювання порядку перевірки параметрів при технічному обслуговуванні за станом радіоелектронних засобів. Електронне моделювання. Т. 42, № 5. 2020. С. 120-128.

REFERENCES

1. (2014), *Law of Ukraine “On Metrology and Metrological Activity”* of June 5, 2014, No. 1314-VII.
2. Barzilovich, E.Yu. (1982), *Models of maintenance of complex systems*, Vysshaya Shkola, Moscow, 231 p.
3. Vasilishin, V.I., Zhenzhera, S.V., Chechuy, O.V. and Glushko, A.P. (2018), *Fundamentals of the theory of reliability and operation of electronic systems*, KhNUPS, Kharkiv, 268 p.
4. Sakovich, L.M. and Bobro, R.A. (2006), “The choice of parameters and the sequence of their measurement during the technical maintenance of communication facilities by condition,” *Zvyazok*, No. 3, pp. 54-56.
5. Ksenz, S.P., Volynsky, A.A. and Klimentov, V.I. (1990), *Theoretical and Applied Problems of Diagnostics of Communication and Automation Means*, VAS, Leningrad, 336 p.
6. Ksenz, S.P., Poltarzhitsky, M.I., Alekseev, S.P. and Mineev, V.V. (2010), *Fighting Diagnostic Errors in the Maintenance and Repair of Communication and Navigation Control Systems*, VAS, St. Petersburg, 240 p.
7. Kononov, V.B., Vodolazhko, O.V. and Koval, O.V. (2017), *Fundamentals of operation of measuring equipment for military purposes in the conditions of anti-terrorist operation*, KhNUPS, Kharkiv, 288 p.
8. Kononov, V., Ryzhov, Ye and Sakovych, L. (2017), “Dependence of parameters of repair of military communication means on the quality of metrological support”, *Advanced Information Systems*, Vol. 2, No. 1, pp. 91-95, DOI: <http://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.1.17>.
9. Sakovych, L., Ryzhov, Ye and Sobolev, A. (2019), “Method of time distribution for repair of radio electronic means wish multiple defects”, *Military Technical Collection*, No. 21, pp. 72-77.
10. Ryzhov, EV and Sakovich, L.M. (2018), “Assessment of the impact of metrological reliability of measuring equipment on maintainability indicators”, *Weapons and Military Equipment*, No. 2 (18), pp. 58–61, DOI: [http://doi.org/10.34169/2414-0651.2018.2\(18\).58-61](http://doi.org/10.34169/2414-0651.2018.2(18).58-61)
11. Ryzhov, EV and Sakovich, L.M. (2017), “Method of determining the sequence of checking the parameters during the maintenance”, *Weapons and Military Equipment*, No. 4 (16), pp. 70-72. DOI: [https://doi.org/10.34169/2414-0651.2017.4\(16\).70-72](https://doi.org/10.34169/2414-0651.2017.4(16).70-72).
12. Hnatyuk, S.E., Sakovich, L.M. and Miroshnichenko, Yu.V. (2020), “Modeling of the procedure for checking the parameters for maintenance of electronic devices”, *Electronic modeling*, vol. 42, no. 5, pp. 120-128.

Надійшла (received) 22.01.2021

Прийнята до друку (accepted for publication) 14.04.2021

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ / ABOUT THE AUTHORS

Сакович Лев Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри, Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України “КПІ ім. І. Сікорського”, Київ, Україна;

Lev Sakovych – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department, Institute of Specialized Communication and Information Security, NTUU “Igor Sikorsky KPI”, Kyiv, Ukraine;

e-mail: lev@sakovich.com.ua; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-8257-7086>.

Криховецький Георгій Яремович – кандидат технічних наук, ст. наук. співр., завідувач кафедри, Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України “КПІ ім. І. Сікорського”, Київ, Україна;

Heorhii Krykhovetskyi – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Head of Department, Institute of Specialized Communication and Information Security, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky KPI”, Kyiv, Ukraine;

e-mail: kgeorg@ukr.net; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1771-6211>.

Міхін Олександр Володимирович – старший викладач кафедри, Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України “КПІ ім. І. Сікорського”, Київ, Україна;

Oleksandr Mikhin – Senior Lecturer of the Department, Institute of Specialized Communication and Information Security, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky KPI”, Kyiv, Ukraine;

e-mail: aleksandr.mihin@gmail.com; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9105-7616>.

Мирошніченко Юрій Володимирович – аспірант, Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України “КПІ ім. І. Сікорського”, Київ, Україна;

Iurii Myroshnychenko – postgraduate student, Institute of Specialized Communication and Information Security, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky KPI”, Kyiv, Ukraine;

e-mail: miroshnychenko_yuriy@ukr.net; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-8603-9429>.

**Оценка влияния метрологического и диагностического обеспечения
на техническое обслуживание по состоянию средств связи**

Л. Н. Сакович, Г. Я. Криховецкий, А. В. Михин, Ю. В. Мирошніченко

Аннотация. Цель статьи - количественная оценка влияния качества метрологического и диагностического обеспечения на формирование последовательности и ограничение количества проверок при техническом обслуживании по состоянию сложных радиоэлектронных комплексов, включая современные средства связи с цифровой обработкой информации. В результате анализа существующей системы технического обслуживания установлено преимущества обслуживания изделий по состоянию. При этом для определения последовательности проверок не в полной мере учитывают свойства метрологического и диагностического обеспечения. **Результаты исследования.** В статье впервые рассмотрено и получено количественную оценку влияния метрологического и диагностического обеспечения на показатели качества технического обслуживания средств связи. Показано, что наибольшее влияние на время выполнения технического обслуживания и вероятность определения при этом технического состояния оказывает диагностическое обеспечение работ с использованием современного метрологического обеспечения. Также показано, что на значение показателей качества технического обслуживания существенно влияют подготовка специалистов и технологическое оснащение ремонтного органа, умения исполнителей в полном объеме использовать возможности современных средств измерительной техники. **Вывод.** Полученные результаты целесообразно использовать при совершенствовании существующих или создании новых инструкций технического обслуживания по состоянию перспективных средств связи либо других сложных изделий радиоэлектронных систем.

Ключевые слова: средства связи; метрологическое и диагностическое обеспечение; техническое обслуживание по состоянию.

**Estimation of influence of the metrology and diagnostic providing
on technical service on the state communication means**

Lev Sakovych, Heorhii Krykhovetskyi, Oleksandr Mikhin, Iurii Myroshnychenko

Abstract. The purpose of the article is to quantify the impact of the quality of metrological and diagnostic software on the formation of the sequence and limit the number of inspections during maintenance of complex electronic systems, including modern means of communication with digital information processing. As a result of the analysis of the existing system of maintenance the advantages of service of products on a condition are established. In this case, to determine the sequence of inspections do not fully take into account the properties of metrological and diagnostic software. **Results of the research.** In the article the quantitative estimation of influence of the metrology and diagnostic providing is first considered and got on the indexes of quality of technical maintenance of communication means. It is shown that most influence in a time of implementation of technical service and probability of determination here of the technical state render the diagnostic providing of works with the use of the modern metrology providing. It is also shown that on the value of indexes of quality of technical service preparation of specialists and technological equipment of repair organ influence substantially, abilities of performers in full to use possibilities of modern facilities of measuring technique. **Conclusion.** The got results it is expedient to draw on at the improvement of existing or creation of new instructions of technical service on the state perspective communication or other difficult wares of the radio electronic systems means.

Keywords: communication means; metrology and diagnostic providing; technical service on the state.