

DOI 10.20535/2411-1031.2022.10.2.270426

УДК 621.396.6

ЛЕВ САКОВИЧ,  
ОЛЕКСІЙ ХОДИЧ,  
ЮРІЙ МАРТУСЕНКО,  
ПРИНА БІЛАН

### **ОЦІНКА ВПЛИВУ МЕТРОЛОГІЧНОГО ТА ДІАГНОСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА НАДІЙНІСТЬ ЦИФРОВИХ ПРИСТРОЇВ**

Цифрова обробка інформації в радіоелектронних системах озброєння і військової техніки – тенденція сьогодення. Широко впроваджується програмне керування засобами зв'язку, що потребує нових підходів визначення технічного стану під час поточного ремонту цифрових пристроїв, які суттєво відрізняються від аналогових засобів. Розглянуто особливості визначення технічного стану цифрових пристроїв і приведено оцінку якості метрологічного та діагностичного забезпечення на надійність систем в цілому. Особлива увага приділена впровадженню сучасних досягнень в галузі технічної діагностики і метрології. Розглядається можливість використання спеціальних методів оцінки технічного стану цифрових пристроїв (енергостатичний, енергодинамічний, електромагнітний) як окремо, так і комплексно. Це незначно збільшує середній час відновлення, але суттєво впливає на досягнення необхідного значення комплексного показника надійності виробу – його коефіцієнту готовності. Розглядаються існуючі методи фізичного діагностування цифрових пристроїв сучасних програмно керованих радіоелектронних систем з дискретною обробкою інформації. Вперше розглядається можливість відношення радіоелектронних систем до класу “абсолютно надійних” за рахунок особливостей метрологічного та діагностичного забезпечення. Досліджено вплив керованих змінних на значення коефіцієнту готовності виробу. Залежно від умов функціонування ремонтного органу обґрунтовано припустимі вимоги до кваліфікації фахівців (середній час виконання перевірки і усунення несправності), а також до метрологічної надійності засобів вимірювальної техніки. За результатами досліджень, які направлені на удосконалення існуючих і розробку нових методів діагностування цифрових пристроїв з необхідною достовірністю результатів без суттєвого збільшення часу визначення їх технічного стану, запропоновано алгоритм забезпечення необхідних значень показників надійності виробів як під час їх проектування, так і при експлуатації і відновленні працездатності у військових умовах. Показано, що найбільший вплив на значення показників надійності виробів мають підготовка фахівців ремонтного органу, їх вміння в повному обсязі використовувати можливості сучасних засобів вимірювальної техніки. Обґрунтовуються рекомендації щодо забезпечення необхідних значень показників надійності цифрових пристроїв.

**Ключові слова:** цифрові пристрої, метрологічне забезпечення, діагностичне забезпечення, поточний ремонт, технічний стан.

**Постановка проблеми.** Метрологічне забезпечення технічних пристроїв – комплекс науково-технічних і організаційно-технічних заходів, а також діяльність відповідних організацій і фахівців, спрямована на забезпечення єдності та точності вимірювань для досягання необхідних характеристик функціонування технічних пристроїв [1].

Діагностичне забезпечення – комплекс взаємно погоджених правил, методів, алгоритмів і засобів, необхідних для здійснення діагностування на всіх етапах життєвого циклу об'єкта [2].

Важливе завдання технічного діагностування – визначення технічного стану (ТС) об'єктів із заданою точністю. Достовірність технічного діагностування – ступінь об'єктивної відповідності діагнозу дійсному технічному стану об'єкта. ТС об'єкта характеризується в певний момент часу за певних умов зовнішнього середовища значенням параметрів, установлених технічною документацією на об'єкт [2].

Поступове впровадження методів і засобів цифрової обробки інформації у виробках військового призначення без відповідного їх метрологічного (МЗ) і діагностичного (ДЗ) забезпечення викликає відповідні труднощі при визначенні реального ТС в процесі поточного ремонту (ПР) цифрових пристроїв (ЦП).

Існують різноманітні методи оцінки ТС сучасних ЦП, але відсутня кількісна оцінка впливу МЗ і ДЗ на значення комплексного показника надійності виробу – коефіцієнта готовності, тобто ймовірності того, що об'єкт виявиться працездатним у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких його використання за призначенням не передбачено (технічне обслуговування, плановий ремонт) [3].

Таким чином, виникає необхідність оцінки доцільності використання перспективних методів визначення ТС сучасних ЦП при застосуванні МЗ і ДЗ для обґрунтування можливості забезпечення необхідних значень показників надійності при експлуатації засобів в військових умовах.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для кількісної оцінки значення комплексного показника надійності використовуються одиничні показники [3] - [5]:

– середнє напрацювання до відмови ( $T$ ) – відношення сумарного напрацювання відновлюваного об'єкта до математичного сподівання числа його відмов протягом цього напрацювання;

– середня тривалість відновлення ( $T_B$ ) – математичне сподівання часу відновлення працездатного стану об'єкта після відмови.

У такому разі коефіцієнт готовності дорівнює

$$K_G = T / (T + T_B).$$

Значення  $T$  і  $K_G$  задаються в технічній документації виробу. Причому, значення  $T$  визначається під час проектування вибором відповідних схемних рішень і елементної бази, забезпечується в процесі виробництва суворим дотриманням технології і підтримується при експлуатації якісним виконанням технічного обслуговування і всіх видів ремонту [4], [5].

Тобто, під час експлуатації можливо впливати на значення  $K_G$  скороченням  $T_B$  за рахунок якісного МЗ [6], [7] та ДЗ [8], [9], що показано на прикладі засобів зв'язку [10] - [12]:

$$T_B = T_{ПР} / P_{ДІ} P(\tau); \quad P(\tau) = \prod_{j=0}^m P_j(\tau);$$

де  $T_{ПР}$  – розрахункове значення часу поточного ремонту;

$P_{ДІ}$  – ймовірність правильної постановки діагнозу методом  $i$ ;

$P(\tau)$  – метрологічна надійність засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) в міжпіврічний період  $\tau$ ;

$m$  – загальна кількість ЗВТ при визначенні ТС.

Відомо, що для аналогових радіоелектронних систем (РЕС) [8], [9]

$$P_{ДІ} = p^k,$$

де  $p$  – ймовірність правильності оцінки результату виконання перевірки діагностичного параметру;

$k$  – кількість перевірок за умовним алгоритмом пошуку дефектів.

Час ПР дорівнює

$$T_{ПР} = kt + t_y,$$

де  $t$  – середній час виконання перевірки;

$t_y$  – середній час усунення несправності.

Для визначення ТС ЦП рекомендується застосовувати сучасні спеціальні методи [13] - [16]:

1. Енергостатичний метод (ЕСМ) використовує в якості діагностичного параметру значення напруги сигналів на додатковому опорі, який включено в розрив корпусної шини електроживлення при знаходженні ЦП в сталому режимі.

2. Енергодинамічний (ЕДМ) метод використовує для контролю ТС ЦП і локалізації дефектних елементів комплексний аналіз діагностичної інформації від двох незалежних різнорідних джерел.

3. Електромагнітний метод (ЕММ) полягає у визначенні ТС вимірюванням значення напруги імпульсів, наведених у антені, покладеній на елементи ЦП.

При комплексному використанні цих методів достовірність оцінки ТС ЦП [16], [17]

$$P = 1 - \prod_{i=1}^3 (1 - P_i).$$

У [16] приведено значення достовірності оцінки ТС ЦП запропонованими методами і їх комплексним використанням (рис. 1).

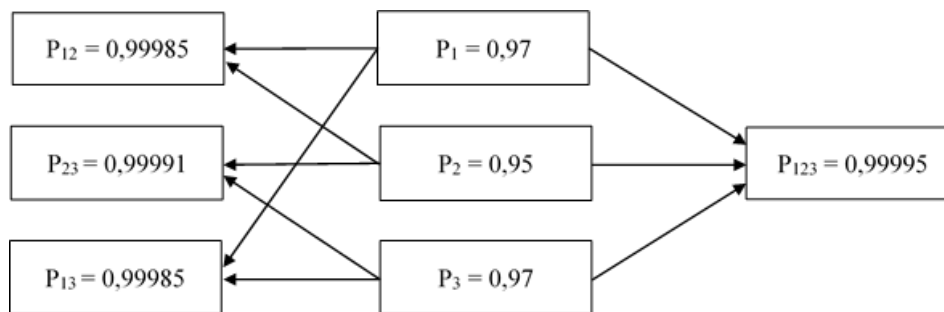


Рисунок 1 – Залежність достовірності визначення ТС ЦП від сукупності методів фізичного діагностування

Однак, в приведених роботах відсутня оцінка впливу МЗ і ДЗ на значення комплексного показника надійності виробу – його коефіцієнту готовності.

**Метою статті** є кількісна оцінка впливу показників МЗ і ДЗ ремонту ЦП на значення його коефіцієнту готовності для визначення вимог щодо забезпечення необхідного значення комплексного показника надійності.

**Виклад основного матеріалу.** Завдання забезпечення максимального значення імовірності оцінки ТС складних РЕС під час їх технічного обслуговування або ПР виникає залежно від призначення і важливості, недопущення переривів функціонування під час використання за призначенням.

З теорії імовірностей відомо, що при нормальному законі розподілу випадкової величини ймовірність її появи, яка дорівнює 0,997, відповідає практично достовірному випадку [17]. Тобто, якщо ймовірність безвідмовної роботи технічної системи на протязі часу виконання завдання не менше 0,997, то така система відноситься до абсолютно надійних [5]. Значення  $K_r \geq 0,997$  можливе забезпечити тільки комплексним використанням методів фізичного діагностування [13] - [16], а також якісним МЗ і ДЗ ремонту ЦП.

На рис. 2 відображено підмножину можливих ТС ЦП, встановлених при використанні методів фізичного діагностування [13] - [16]. У цьому випадку підмножини  $M_1, M_2, M_3$  відповідають реальному технічному стану ЦП з ймовірністю 0,95...0,97, підмножини  $M_4, M_5, M_6$  – з ймовірністю 0,99985...0,99991, а підмножина  $M_7$  визначає дійсний ТС ЦП з максимально можливою імовірністю 0,99995.

Взагалі при використанні трьох методів фізичного діагностування досліджуються усі можливі ТС виробу:

$$M = M_{ECM}UM_{EDM}UM_{EMM},$$

де  $M_{ECM} = M_1UM_4UM_5UM_7;$   
 $M_{EDM} = M_2UM_4UM_6UM_7;$   
 $M_{EMM} = M_3UM_5UM_6UM_7.$

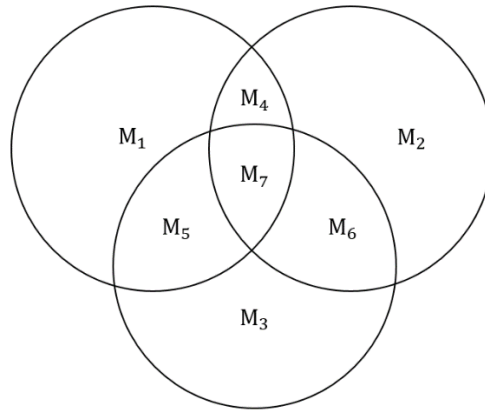


Рисунок 2 – Підмножина технічних станів цифрового пристрою

Використання відомих результатів дозволяє кількісно оцінити значення  $T_{ПР}$  ЦП при наступних припущеннях:

- для реалізації кожного метода фізичного діагностування час однаковий і дорівнює  $t$ ;
- кожний метод використовує тільки один ЗВТ (амперметр або вольтметр), тому у всіх випадках  $P_j(\tau) = 0,97$  [18].

Встановлені припущення відповідають реальним умовам ПР ЦП у військових ремонтних органах. У такому разі з урахуванням рис. 1 отримуємо:

$$T_{B1} = T_{B3} = (t + t_y) / 0,9409; \quad n = 1;$$

$$T_{B2} = (t + t_y) / 0,9215; \quad n = 1;$$

$$T_{B12} = T_{B13} = (2t + t_y) / 0,9407; \quad n = 2;$$

$$T_{B23} = (2t + t_y) / 0,9408; \quad n = 2;$$

$$T_{B123} = (3t + t_y) / 0,9126; \quad n = 3.$$

де  $n$  – кількість методів фізичного діагностування, які використовують під час ПР.

Результати розрахунків значення  $T_B(t)$  при  $t_y = 0,2 \text{ год}$  залежно від часу реалізації одного методу за їх можливої сукупності від одного до трьох приведено на рис. 3.

Їх аналіз показує практично лінійну залежність  $T_B(t)$  і пропорційне збільшення при сукупному використанні методів фізичного діагностування. Тобто, збільшення достовірності оцінки ТС ЦП досягається відповідним зростанням часу ПР.

Комплексний показник надійності виробу кількісно дорівнює

$$K_{\Gamma} = \frac{T}{T + T_B} = \frac{T}{T + \frac{nt + t_y}{P_{ДП} P(\tau)}}.$$

У результаті перетворень отримуємо

$$K_{\Gamma} = \frac{TP_{ДП} P(\tau)}{TP_{ДП} P(\tau) + nt + t_y}.$$

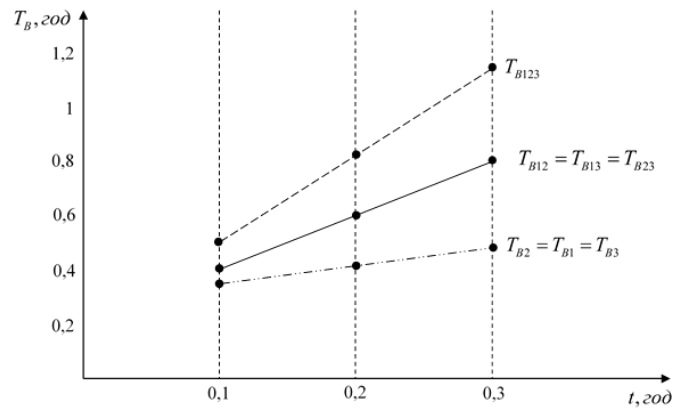


Рисунок 3 – Залежності середнього часу відновлення від часу виконання перевірки і методів фізичного діагностування

Розглянемо залежності  $K_r(t, n)$  при фіксованому значенні  $t_y = 0,2 \text{ год}$  і  $T = 1000 \text{ год}$ , які наведені на рис. 4. Їх аналіз також показує практично лінійну залежність  $K_r(t)$  при будь-якій сукупності методів фізичного діагностування. Це дозволяє при розрахованому значенні напрацювання виробу до відмови визначити гранично припустимий час виконання перевірки ТС методом фізичного діагностування. Наприклад, при  $T = 1000 \text{ год}$ , і необхідному значенні  $K_r = 0,999$  у випадку використання усіх трьох методів фізичного діагностування послідовно середній час оцінки ТС одним методом  $t = 0,26 \text{ год}$ .

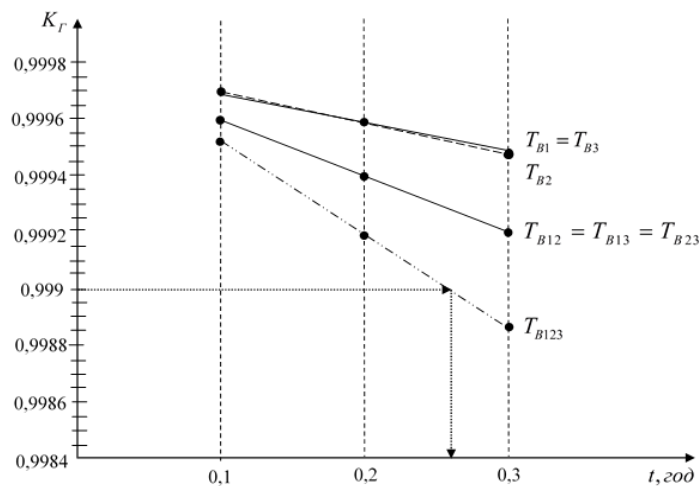


Рисунок 4 – Залежності коефіцієнту готовності від часу виконання перевірки і сукупності методів фізичного діагностування

Крім того, можливо при заданому значенні  $K_r$  і показниках функціонування ремонтного органу  $(t, t_y, P_{дл}, P(\tau))$  ще на етапі проектування кількісно оцінити необхідне значення напрацювання виробу до відмови

$$T = \frac{K_r(nt + t_y)}{(1 - K_r)P_{дл}P(\tau)}$$

Наприклад, для отримання  $K_r = 0,997$  необхідне напрацювання ЦП до відмови дорівнює

$$T \geq \frac{332,3(nt + t_y)}{P_{дл}P(\tau)}$$

При вихідних даних (рис. 3) ( $t = 0,1 \text{ год}$ ,  $n = 3$ ,  $P_{дл} = 0,99995$ ,  $P(\tau) = 0,97$ ,  $t_y = 0,2 \text{ год}$ ) отримуємо  $T \geq 171 \text{ год}$ . Необхідне значення  $T$  можливо забезпечити вибором методів фізичного діагностування ( $P_{дл}, n$ ), кваліфікації фахівців ремонтного органу ( $t, t_y$ ) і його забезпечення сучасними ЗВТ ( $P(\tau)$ ). Залежності  $T(n, t)$  приведено на рис. 5.

Наприклад, при розрахованому значенні  $T = 240 \text{ год}$  і використанні двох методів фізичного діагностування час виконання перевірки  $t = 0,26 \text{ год}$ .

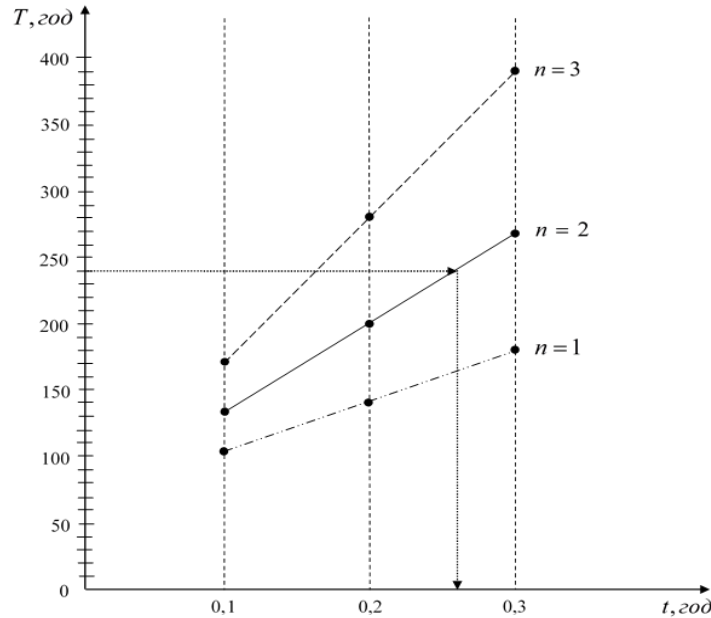


Рисунок 5 – Залежності мінімально припустимого значення напрацювання виробу до відмови від часу виконання перевірки і кількості методів фізичного діагностування при визначені ТС

Оскільки  $P(\tau) \approx 1$  і  $P_{дл} \approx 1$ , то при орієнтованому розрахунку показників надійності ЦП доцільно використовувати вирази:

$$T_B = nt + t_y; \quad K_T = T / (T + nt + t_y); \quad T = K_T(nt + t_y) / (1 - K_T).$$

При цьому відносна похибка результату не перевищує долі відсотків:

$$\delta T_B = [1 - P_{дл} P(\tau)] 100\%;$$

$$\delta K_T = \frac{(nt + t_y)(1 - P_{дл} P(\tau))}{T + nt + t_y} 100\%;$$

$$\delta T \leq (1 - P_{дл} P(\tau)) 100\%.$$

Узагальнення отриманих результатів дозволяє сформулювати послідовність дій у вигляді алгоритму рис. 6 як при проектуванні ЦП з заданими показниками надійності, так і при їх забезпеченні під час експлуатації. Припустимий час напрацювання до відмови  $T_n$  визначають за технічними джерелами щодо надійності РЕС. Якщо при проектуванні не виконується умова  $T \geq T_n$ , то необхідно обрати для технічного обслуговування і ПР більш надійні ЗВТ, або підвищити вимоги до кваліфікації фахівців ремонтного органу. Також при експлуатації для забезпечення необхідного значення  $K_T = 0,997$ , крім перерахованих дій, доцільно розглянути можливість автоматизованого виконання окремих операцій для скорочення  $t$  і  $t_y$ .

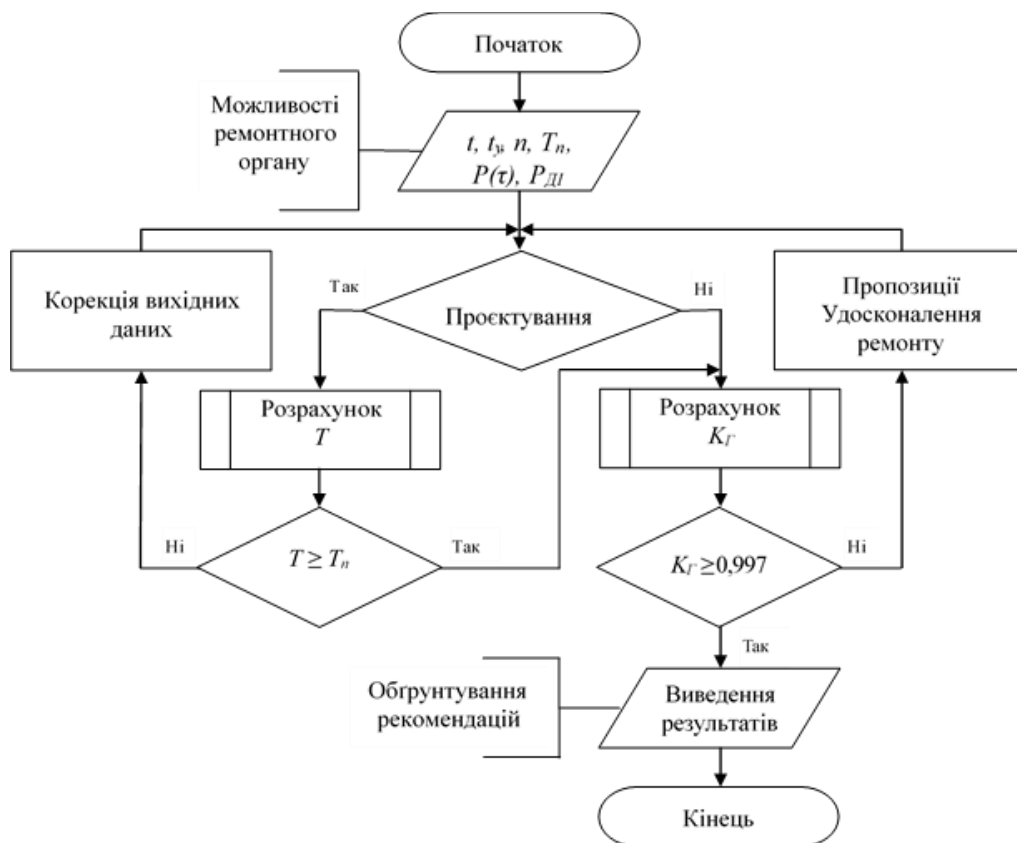


Рисунок 6 – Алгоритм забезпечення показників надійності ЦП під час проектування і поточного ремонту

**Висновки.** Розглянуто існуючі методи фізичного діагностування ЦП сучасних програмно керованих радіоелектронних систем з дискретною обробкою інформації. Уперше отримано і досліджено функціональні залежності середнього часу відновлення, напрацювання до відмови і коефіцієнту готовності ЦП від керованих змінних.

Результати досліджень формалізовано у вигляді алгоритму забезпечення необхідних значень показників надійності ЦП як під час проектування, так і при реалізації поточного ремонту в процесі експлуатації. Обґрунтовані рекомендації щодо забезпечення необхідних значень показників надійності ЦП.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Верховна Рада України. 2 сесія. (2015, Черв. 5). Закон України № 1314-VII, Про метрологію та метрологічну діяльність. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text>. Дата звернення: Лют. 12, 2022.
- [2] ДП “УкрНДНЦ”. (1995, Лип. 01). ДСТУ 2389, Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення. Київ, 1994. 25 с.
- [3] ДП “УкрНДНЦ”. (1996, Січ. 01). ДСТУ 2860, Надійність техніки. Терміни та визначення. Київ, 1994. 96 с.
- [4] В. А. Острейковсий, *Теория надежности*, Москва: Высшая школа, 2003.
- [5] А. М. Половко, и С. В. Гуров, *Основы теории надежности*, Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2006.
- [6] В. Б. Конов, О. В. Водолажко, та О. В. Коваль, *Основы эксплуатации засобів вимірювальної техніки військового призначення в умовах проведення АТО*, Харків: ХНУПС, 2017.
- [7] V. Kononov, Ye. Ryzhov, and L. Sakovych, “Dependence of parametrs of reparaie of military communication means on the quality of metrological support”, *Advanced Information System*, vol. 2, no. 1, pp. 91-95, 2018, doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.1.17>.

- [8] С. П. Ксенз, А. А. Волынский, и В. И. Климентов, *Теоретическое и прикладные задачи диагностирования средств связи и автоматизации*, Ленинград: ВАС, 1990.
- [9] С. П. Ксенз, М. И. Полтаржицкий, С. П. Алексеев, и В. В. Минеев, *Борьба с диагностическими ошибками при техническом обслуживании и ремонте систем управления связи и навигации*, Санкт-Петербург: ВАС, 2010.
- [10] L. Sakovych, Ye. Ryzhov, and A. Sobolev, "Method of time distribution for repair of radio electronic means with multiple defects", *Військово-технічний збірник*, № 21, с. 72-77, 2019, doi: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.21.2019.72-77>.
- [11] Є. В. Рижов, та Л. М. Сакович, "Оцінка впливу метрологічної надійності засобів вимірювальної техніки на показники ремонтпридатності військової техніки зв'язку", *Озброєння та військова техніка*, № 2 (18), с. 58-61, 2018, doi: [https://doi.org/10.34169/2414-0651.2018.2\(18\).58-61](https://doi.org/10.34169/2414-0651.2018.2(18).58-61).
- [12] Ye. Ryzhov, L. Sakovych, P. Vankevych, M. Yakovlev, and Yu. Nastishin, "Optimization of requirements for measuring at metrological service of communication tools", *Measurement Journal of International Measurement Confederation*, vol. 123, pp. 19-25, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.03.03.055>.
- [13] Г. Б. Жиров, "Методика контролю технічного стану цифрових пристроїв енергостатичним методом на місці дислокації об'єктів радіоелектронних засобів та озброєння", *Збірник наукових праць Військової академії*, № 11, с. 39-46, 2005.
- [14] С. В. Гахович, "Метод діагностування цифрових типових елементів заміни", *Збірник наукових праць ВІПІ НТУУ "КПІ"*, вип. 4, 24-30, 2004.
- [15] С. І. Глухов, "Методика обробки діагностичної інформації на основі методів фізичного діагностування та результатів форсованих випробувань радіоелектронної техніки", *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних сил*, № 1 (59), с. 81-86, 2019, doi: <https://doi.org/10.30748/zhups.2019.59.11>.
- [16] С. І. Глухов, Л. М. Сакович, М. Ю. Яковлев, та А. О. Гальоса, "Розробка техніко-економічного обґрунтування автоматизованої системи технічної діагностики радіоелектронної техніки на основі фізичного діагностування", *Збірник наукових праць НАНГ України*, № 1 (35), с. 30-40, 2020, doi: <https://doi.org/10.33405/2409-7470/2020/1/35/207355>.
- [17] Е.С. Вентцель, *Теория вероятностей*, Москва: Высшая школа, 2002.
- [18] Є. В. Рижов, та Л. М. Сакович, "Метод обґрунтування мінімально припустимого значення ймовірності оцінки результату перевірки параметра", *Вісник НТУУ "КПІ"*, вип. 54 (2), с. 96-106, 2017, doi: [https://doi.org/10.20535/1970.54\(2\).2017.119562](https://doi.org/10.20535/1970.54(2).2017.119562).

Стаття надійшла до редакції 25.09.2022.

## REFERENCE

- [1] Verkhovna Rada of Ukraine. 2nd Session. (2015, June 05). *Law of Ukraine № 1314-VII, On metrology and metrological activity*. [Online]. Available: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text>. Accessed on: Febr. 12, 2022.
- [2] SE "UkrNDNC". (1995, July 01). *DSTU 2389, Technical diagnostics and control of the technical condition. Terms and definition*. Kyiv, 1994, 25 p.
- [3] SE "UkrNDNC". (1996, Jun. 01). *DSTU 2860, Technique reliability. Terms and definition*. Kyiv, 1994, 96 p.
- [4] V. Ostreikovskiy, *Theory of reliability*, Moscow: Higher School, 2003.
- [5] A. Polovko, and S. Gurov, *Fundamentals of reliability theory*, St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2006.
- [6] V. Kononov, O. Vodolajko, and O. Koval, *Fundamentals of operation of military measuring equipment in conditions of anti-terrorist operation*, Kharkiv: KhNUPS, 2017.



- [7] V. Kononov, Ye. Ryzhov, and L. Sakovych, "Dependence of parameters of repair of military communication means on the quality of metrological support", *Advanced Information System*, vol. 2, no. 1, pp. 91-95, 2018, doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.1.17>.
- [8] S. Ksyonz, A. Volynskiy, and V. Klimentov, *Theoretical and applied tasks of diagnosing means of communication and automation*, Leningrad: VAS, 1990.
- [9] S. Ksyonz, M. Poltarzhitskiy, S. Alekseev, and V. Mineev, *Struggle with diagnostic errors during maintenance and repair of communication and navigation control systems*, St. Petersburg: VAS, 2010.
- [10] L. Sakovych, Ye. Ryzhov and A. Sobolev, "Method of time distribution for repair of radio electronic means with multiple defects", *Military-technical collection*, no. 21, pp. 72-77, 2019, doi: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.21.2019.72-77>.
- [11] Ye. Ryzhov, and L. Sakovych, "Assessment of the influence of metrological reliability of measuring equipment on indicators of the maintainability of military communication equipment", *Armament and military equipment*, no. 2 (18), pp. 58-61, 2018, doi: [https://doi.org/10.34169/2414-0651.2018.2\(18\).58-61](https://doi.org/10.34169/2414-0651.2018.2(18).58-61).
- [12] Ye. Ryzhov, L. Sakovych, P. Vankevych, M. Yakovlev, and Yu. Nastishin, "Optimization of requirements for measuring at metrological service of communication tools", *Measurement Journal of International Measurement Confederation*, vol. 123, pp. 19-25, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.03.03.055>.
- [13] G. Zhironov, "Techniques for monitoring the technical condition of digital devices using energy-static methods at the location of radio-electronic means and weapons", *Collection of scientific works of the Military Academy*, no. 11, pp. 39-46, 2005.
- [14] S. Hakhovych, "A method of diagnosing digital typical replacement elements", *Collection of scientific works of the Military institute of telecommunications and informatization of NTUU "KPI"*, iss. 4, pp. 24-30, 2004.
- [15] S. Glukhov, "Methods of processing diagnostic information based on physical diagnosis methods and the results of forced tests of radio-electronic equipment", *Collection of scientific works of the Kharkiv national university of the Air Force*, no. 1(59), pp. 81-86, 2019, doi: <https://doi.org/10.30748/zhups.2019.59.11>.
- [16] S. Glukhov, L. Sakovych, M. Yakovlev and A. Galiosa, "Development of a technical and economic justification of an automated system of technical diagnostics of radio-electronic equipment based on physical diagnostics", *Collection of scientific works of the National academy of the National guard of Ukraine*, no. 1(35), pp. 30-40, 2020, doi: <https://doi.org/10.33405/2409-7470/2020/1/35/207355>.
- [17] E. Ventzel, *Probability theory*, Moscow: Higher School, 2002.
- [18] Ye. Ryzhov, and L. Sakovych, "The method of substantiating the minimum acceptable value of the probability of estimating the result of the parameter check", *Bulletin of Kyiv Polytechnic Institute. Series Instrument Making*, iss. 54 (2), pp. 96-106, 2017, doi: [https://doi.org/10.20535/1970.54\(2\).2017.119562](https://doi.org/10.20535/1970.54(2).2017.119562).

LEV SAKOVYCH,  
OLEKSII KHODYCH,  
YURII MARTUSENKO,  
IRYNA BILAN

## **ASSESSMENT OF THE IMPACT OF METROLOGICAL AND DIAGNOSTIC SUPPORT ON RELIABILITY OF DIGITAL DEVICES**

Digital information processing in radio-electronic systems of weapons and military equipment is a current trend. Software control of communication devices is widely implemented, which requires new approaches to determine the technical condition during the current repair of digital devices, which is significantly different from analog devices. The article examines the peculiarities

of determining the technical condition of digital devices and gives an assessment of the quality of metrological and diagnostic support for the reliability of systems as a whole. Special attention to the implementation of modern achievements in the field of technical diagnostics and metrology. The possibility of using special methods of evaluation of TS of digital devices (energostatic, energodynamic, electromagnetic) both individually and comprehensively is considered. This slightly increases the average recovery time, but significantly affects the achievement of the required value of the product's comprehensive indicator of reliability – its readiness factor. Existing methods of physical diagnosis of digital devices of modern software-controlled radio-electronic systems with discrete information processing are considered. For the first time, the possibility of relating radioelectronic systems to the class of “absolutely reliable” due to the peculiarities of metrological and diagnostic support is being considered. The influence of controlled variables on the value of the product availability coefficient was studied. Depending on the operating conditions of the repair body, the permissible requirements for the qualification of specialists (average time for inspection and troubleshooting), as well as for the metrological reliability of measuring equipment, are substantiated. Based on the results of research aimed at improving existing and developing new methods of diagnosing digital devices with the necessary reliability of results without significantly increasing the time of determining their technical condition, an algorithm for ensuring the necessary values of product reliability indicators both during their design and during operation is proposed and restoration of work capacity in military conditions. It is shown that the greatest influence on the value of the reliability indicators of products is exerted by the training of specialists of the repair body, their ability to fully use the capabilities of modern measuring equipment. Recommendations for ensuring the necessary values of the reliability indicators of digital devices are substantiated.

**Keywords:** digital devices, metrological support, diagnostic support, current repair, technical condition.

**Сакович Лев Миколайович**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теоретичних основ експлуатації засобів спеціальних інформаційно-телекомунікаційних систем, Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, м. Київ, Україна, ORCID ID 0000-0002-8257-7086, lev@sakovich.com.ua.

**Ходич Олексій Володимирович**, кандидат технічних наук, старший викладач, Національна академія Служби безпеки України, Київ, Україна, ORCID ID 0000-0001-9952-4442, alexhodkijow@gmail.com.

**Мартусенко Юрій Олександрович**, старший викладач, Національна академія Служби безпеки України, Київ, Україна, ORCID ID 0000-0003-4580-3838, y-martusenko@ukr.net.

**Білан Ірина Анатоліївна**, науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України, Київ, Україна, ORCID ID 0000-0003-1237-1565, irina.a.bilan@gmail.com.

**Sakovych Lev**, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the theoretically bases of operation of special means information-telecommunications systems academic department, Institute of special communication and information protection of National technical university of Ukraine “Igor Sikorskyi Kyiv polytechnic institute”, Kyiv, Ukraine.

**Khodych Oleksii**, candidate of technical sciences, senior lecturer, National academy of the Security service of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

**Martusenko Yurii**, senior lecturer, National academy of the Security service of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

**Bilan Iryna**, researcher of the Ukrainian research institute of special equipment and forensic expertise of the Security service of Ukraine, Kyiv, Ukraine.