

СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБТ

УДК 623.396

DOI: <https://doi.org/10.33577/2312-4458.22.2020.66-73>Л.М. Сакович¹, Є.В. Рижов², Ю.А. Настишин², Ю.В. Мирошніченко¹, Л.А. Коротченко³

¹Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут" імені Ігоря Сікорського, Київ

²Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

³Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації ім. Героїв Крут, Київ

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ ПЕРЕВІРКИ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ КОМПЛЕКСІВ ПРИ ТЕХНІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ ЗА СТАНОМ

В статті розглянуті особливості технічного обслуговування радіоелектронних комплексів великої розмірності (десятки і сотні тисяч елементів), що складаються з окремих підсистем, перевірку працездатності яких, технічне обслуговування та відновлення працездатності під час поточного ремонту можливо виконувати автономно. До таких об'єктів відносяться вузли і апаратні зв'язку, радіолокаційні станції, комплекси управління польотами та інші. В статті вперше запропоновано для підвищення ефективності технічного обслуговування за станом обґрунтовано встановлювати послідовність перевірки підсистем з комплексним врахуванням надійнісних, часових та вартісних показників. Крім того, запропоновано враховувати не тільки вартість засобів вимірювальної техніки, але і їх метрологічну надійність.

Усі перераховані фактори об'єднуються комплексним показником, значення якого розраховують для кожної підсистеми комплексу. Для нормування значення комплексного показника вводиться ймовірність переважного вибору підсистем комплексу. Потім в результаті ранжування підсистем за убиванням значення цієї ймовірності визначають послідовність перевірки окремих підсистем комплексу. В такому випадку, крім послідовності перевірки, можливо визначити мінімальну кількість підсистем, що перевіряються для забезпечення необхідного значення ймовірності оцінки технічного стану виробу в цілому, за обмежений час.

В статті приведено блок-схему алгоритму реалізації методики, що дозволяє використовувати ЕОМ для автоматизації процесу. Приведений приклад використання методики і кількісна оцінка ефективності її застосування. Використання запропонованої методики приведе до впорядкування практичної реалізації технічного обслуговування за станом і підвищення його ефективності в реальних умовах експлуатації радіоелектронних комплексів великої розмірності.

Ключові слова: радіоелектронні комплекси, технічне обслуговування за станом, ймовірність переважного вибору.

Постановка проблеми

Технічне обслуговування (ТО) виробів – комплекс операції чи операція підтримання справності чи працездатності під час їх технічної експлуатації [1]. ТО є складовою експлуатації виробів та передбачає, головним чином, перевірку на відповідність параметрів технічним умовам.

Під час експлуатації встановлюються види ТО: календарне, періодичне, комбіноване [2].

Календарне ТО проводиться у встановленні терміни з врахуванням умов експлуатації незалежно

від напрацювання, при цьому легко планувати роботи, але має місце необґрунтований розхід сил і засобів.

Технічне обслуговування за наробітком проводиться з урахування умов експлуатації після заданого наробітку виробу, при цьому має місце економія сил і засобів, але виникають труднощі при плануванні.

Комбіноване ТО містить у собі календарне (планування терміну виконання заздалегідь) і обслуговування за наробітком (виконання тільки необхідного переліку робіт). Стратегія його реалізації показана в літературі, нормативних і керівних документах ТО за станом [3-6].

Стратегія ТО за станом – це стратегія, згідно з якою перелік та періодичність операцій ТО визначається фактичним технічним станом виробу в момент початку обслуговування. Вона ґрунтується на використанні поточної інформації про дійсний стан об'єкта, яка отримується в процесі його експлуатації. При цій стратегії ТО всі види профілактичних робіт на об'єкті проводяться в строк та в обсязі, який встановлюється в результаті прийняття рішення за даними поточного контролю [6].

В ході реалізації цієї стратегії виникає проблема: в якій послідовності виконувати перевірку підсистем комплексу для визначення його реального стану з мінімальними працевитратами. Виконання робіт при обмеженому часі дуже важливо в польових умовах, особливо при веденні бойових дій. Вирішення цієї проблеми раніше не розглядалось, саме цьому присвячена ця стаття.

Таким чином, постає задача розробки методики визначення послідовності перевірок виробів при їх ТО за станом, яка мінімізує експлуатаційні витрати. При цьому відомі значення надійності підсистем, часових та вартісних показників виконання перевірок, які необхідно об'єднати в комплексний показник для ранжування порядку перевірки підсистем комплексу. Це дозволить мінімізувати кількість підсистем, які перевіряють під час ТО для встановлення технічного стану виробу із заданою ймовірністю. Обмеження і припущення відповідають реальним умовам експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Фундаментальні теоретичні дослідження питань оптимізації виконання ТО приведені в [3], які в подальшому отримали розвиток в роботах з підвищення експлуатаційної надійності виробів [4, 7]. В них показано, що при організації експлуатації виробів за станом виникають наступні завдання:

- вибір мінімально необхідної кількості параметрів, що контролюються, з достатньою інформацією про стан системи в будь-який момент часу;
- обґрунтування допустимих меж зміни параметрів, що контролюються;
- розробка алгоритмів математичного забезпечення програм експлуатації виробів за станом;
- створення технічних засобів контролю, діагностування, реєстрації і оперативної обробки інформації про стан параметрів виробу.

В [6] розглянуто особливості реалізації стратегії ТО за станом з контролем параметрів об'єкта або рівня його надійності. Також обґрунтовано критерії якості ТО:

- ефективність обслуговування;
- коефіцієнт ефективності обслуговування;

- вартість ТО;
- коефіцієнт вартості експлуатації;
- коефіцієнт простою при ТО;
- коефіцієнт технічного використання.

У [8] проведено аналіз особливості ТО систем з часовою надлишковістю і запропоновані заходи щодо підвищення їх надійності.

В сучасних роботах з технічної діагностики радіоелектронних систем для визначення послідовності перевірок, яка веде до скорочення часу локалізації дефекту, досить широко використовують ймовірність переважного вибору (ЙПВ) параметрів елемента [9-11]:

$$U_i = \frac{\lambda_i}{t_i \sum_{j=1}^L \frac{\lambda_j}{t_j}}$$

де λ_i - інтенсивність відмов елемента;

t_i - час виконання перевірки;

L - кількість елементів в об'єкті.

У [12] запропоновано для скорочення часу ТО виконувати перевірку параметрів виробу в порядку зменшення їх ЙПВ:

$$U_i = \frac{T_{TO} C_{TO} V_i P_i}{t_i c_i q_i}$$

де T_{TO} , C_{TO} - тривалість та вартість ТО згідно з інструкцією;

V_i - значимість впливу параметру i на працездатність виробу;

P_i - ймовірність того, що виріб працездатний, якщо параметр i в нормі;

t_i , c_i - тривалість та вартість вимірювання значення параметра i ;

q_i - ймовірність помилки виконавця в оцінці значення параметра i .

Крім того, досліджена залежність впливу метрологічної надійності засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) на час виконання ТО об'єктів різноманітного призначення [13-17], яку в попередніх роботах щодо оптимізації часу виконання ТО не враховано.

З проведеного аналізу слідує, що сьогодні найбільш доцільно використовувати ТО складних радіоелектронних комплексів (РЕК) за станом, при цьому необхідно комплексно враховувати надійнісні, часові і вартісні показники перевірки окремих підсистем, а також метрологічну надійність ЗВТ. Для цього необхідно обґрунтувати кількісний показник оцінки ЙПВ підсистем виробу з метою їх подальшого ранжування в порядку зменшення цього показника.

Мета статті: формалізація процесу визначення послідовності перевірок підсистем комплексу з врахуванням їх надійності, часових та вартісних показників для мінімізації часу і працевитрат на встановлення реального технічного стану об'єкта у вигляді практично реалізуємої методики.

Виклад основного матеріалу

Методика призначена для обґрунтування послідовності перевірки працездатності підсистем РЕК великої розмірності, які складаються з десятків і сотень тисяч електрорадіоелементів.

Сутність методики полягає в комплексному

врахуванні показників надійності підсистем, вартості і часу перевірки їх працездатності, часу усунення несправності (або резервування підсистем), а також метрологічної надійності ЗВТ, в цьому полягає наукова новизна і відмінність її від відомих [3, 4, 6-8, 12].

Вихідні дані для реалізації методики отримують в результаті дослідної експлуатації РЕК.

Схема реалізації методики приведена на рис. 1, де також показаний математичний апарат, результат використання, обмеження і припущення, які відповідають реальним умовам експлуатації РЕК.

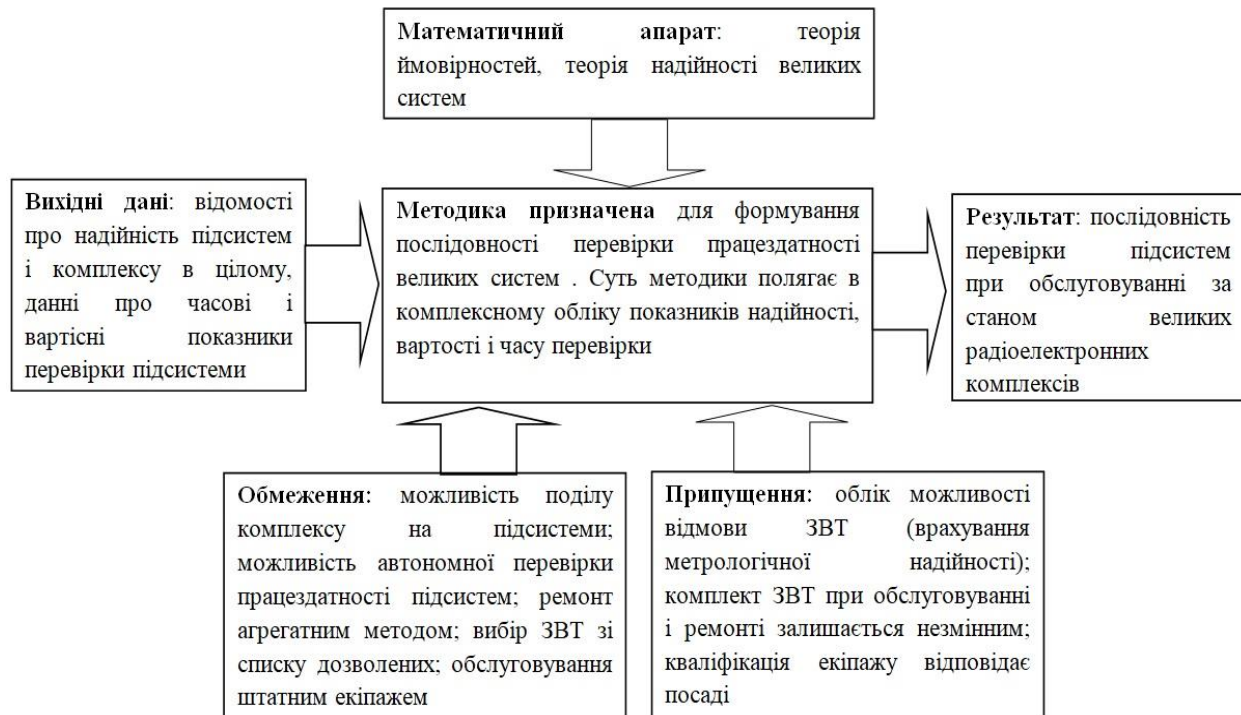


Рис. 1. Схема реалізації методики перевірки працездатності підсистем комплексу з врахуванням надійності, часових та вартісних показників під час технічного обслуговування за станом

РЕК складається із M взаємопов'язаних підсистем (кластерів), при цьому допускається автономна перевірка їх працездатності. Для інструментальної перевірки значень параметрів використовується штатний комплект ЗВТ, який в сукупності дозволяє оцінити працездатність всіх підсистем комплексу.

Послідовність перевірки підсистем повинна бути такою, що в першу чергу необхідно перевіряти найменш надійні підсистеми, які потребують мінімальних працевитрат на вимірювання параметрів і усунення несправностей (при наявності запасних агрегатів можлива організація ремонту агрегатним методом) з мінімальною вартістю ЗВТ, що використовуються і максимально можливим значенням їх метрологічної надійності.

Математичний апарат методики оснований на використанні методів теорії ймовірностей і надійності великих технічних систем.

Надійність кожної підсистеми РЕК (імовірність безвідмовної роботи) розраховують за формулою

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

де Z_i - параметр потоку відмов підсистеми i ;

T - напрацювання РЕК на відмову.

Якщо підсистеми РЕК виконанні на однотипній елементній базі, то можливо використовувати вираз

$$p_i = \frac{L_i}{L}; \quad L = \sum_{i=1}^M L_i,$$

де L_i - кількість електрорадіоелементів підсистеми i ;

L - їх загальна кількість в РЕК.

Відносна трудоемність перевірок стану підсистем дорівнює

$$\tau_i = \frac{t_i}{M}; \quad \sum_{i=1}^M \tau_i = 1,$$

де t_i - трудоемність (час) перевірки параметрів підсистеми i .

Відносна вартість ЗВТ для перевірки параметрів підсистеми i дорівнює

$$S_i = \frac{C_i}{M}; \quad \sum_{i=1}^M S_i = 1,$$

де c_i - вартість ЗВТ для перевірки працездатності підсистеми i .

Відносний час відновлення (заміни або резервування) підсистеми i

$$f_i = \frac{t_{ei}}{M}; \quad \sum_{i=1}^M f_i = 1,$$

де t_{ei} - час відновлення підсистеми i .

Для визначення послідовності перевірки підсистем РЕК при його ТО за станом пропонується для кожної підсистеми оцінити значення комплексного показника, що враховує всі розглянуті складові

$$u_i = \frac{P_i P_{zi}}{\tau_i S_i f_i}; \quad P_{zi} = \prod_{j=1}^{m_i} P_{Mj},$$

де P_{zi} - метрологічна надійність ЗВТ для перевірки підсистеми i ;

m_i - кількість ЗВТ для перевірки підсистеми i ;

P_{Mj} - метрологічна надійність окремих ЗВТ для перевірки підсистеми i .

Значення u_i - безрозмірне і сильно відрізняється для різноманітних підсистем РЕК. Тому для ранжування підсистем доцільно використовувати їх ЙПВ перевірки

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

Підсистеми РЕК перевіряють в послідовності убування значень U_i . При заданому значенні ймовірності визначення технічного стану РЕК P_D підсистеми перевіряються згідно з встановленим рангом до виконання умови

$$\frac{\sum_{i=1}^n u_i}{M} = \sum_{i=1}^n U_i \geq P_D; \quad 1 \leq n \leq M,$$

де n - кількість перевірених підсистем РЕК при ТО за станом.

В такому випадку необхідний мінімальний час для перевірки РЕК

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

а вираш у відносному часі в порівнянні з повною перевіркою підсистем РЕК складе

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^M t_i - T_n}{\sum_{i=1}^M t_i} \cdot 100\%.$$

Блок-схема реалізації запропонованої методики ранжування підсистем РЕК при ТО за станом приведена на рис. 2.

Розглянемо порядок використання методики на прикладі комплексу, наведеного в табл. 1, де показані вихідні дані і результати проміжних обчислень.

РЕК складається із $M = 11$ підсистем, r_i - ранг підсистеми (порядковий номер перевірки). Наробіток на відмову РЕК $T = 10000$ год., параметр потоку відмов

$$Z = 1 \cdot 10^{-4} \text{ год.}^{-1}.$$

Сумарний час перевірки всіх підсистем

$$\sum_{i=1}^{11} t_i = 185 \text{ хв},$$

загальна вартість використаних ЗВТ

$$\sum_{i=1}^{11} C_i = 20300 \text{ грн},$$

загальний час відновлення при відмові всіх підсистем

$$\sum_{i=1}^{11} t_{ei} = 181 \text{ хв}.$$

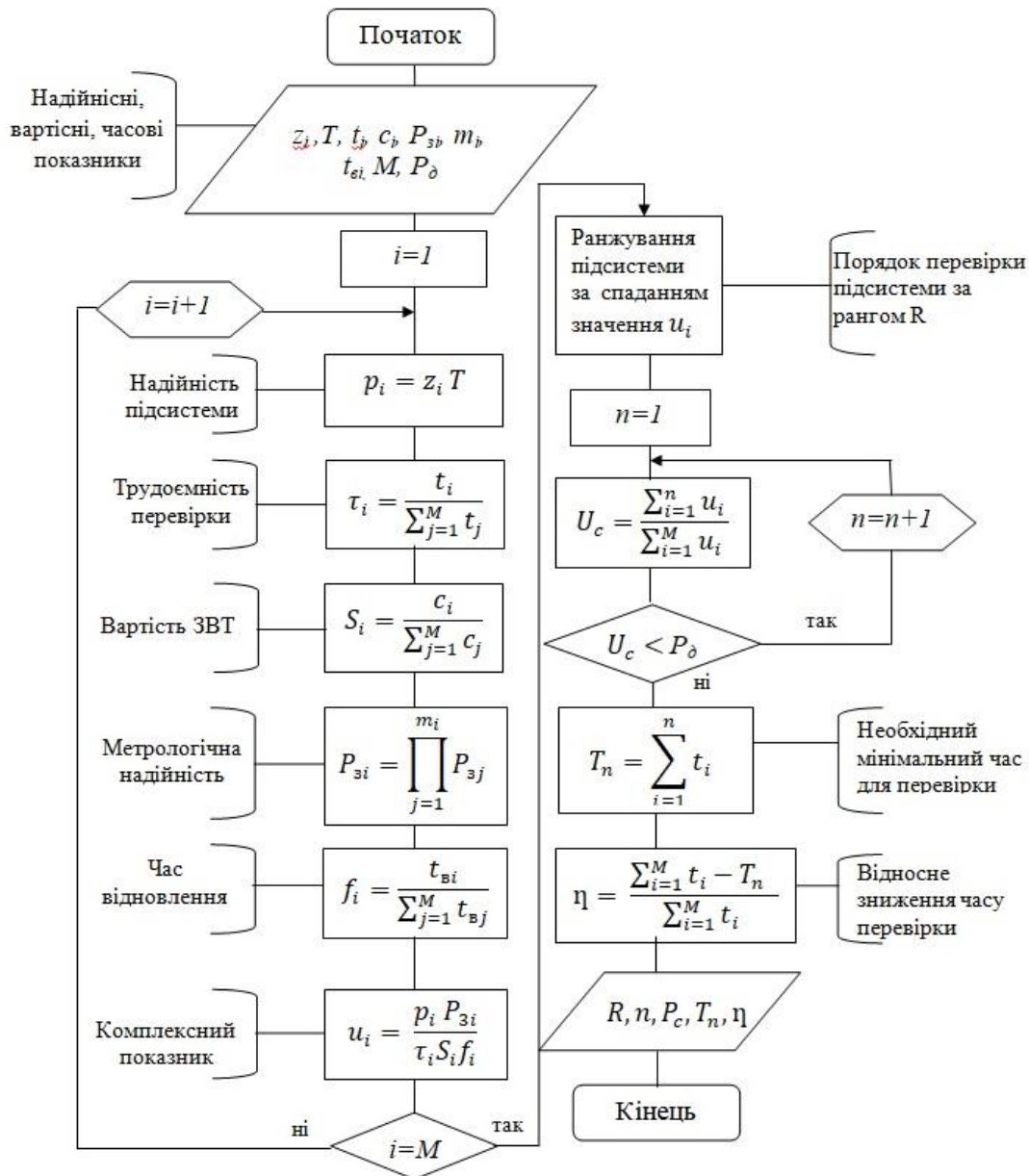


Рис. 2. Блок-схема реалізації методики визначення порядку перевірки підсистем комплексу при обслуговуванні за станом

Таблиця 1

Приклад розрахунку показників підсистем комплексу для обслуговування за станом

i	z_i	t_i	c_i	t_{vi}	P_{zi}	p_i	τ_i	S_i	f_i
1	$4 \cdot 10^{-6} 200 \delta^{-1}$	15 хв	2500 грн	10 хв	0,85	0,04	0,054	0,123	0,055
2	$4 \cdot 10^{-6} 200 \delta^{-1}$	15 хв	2000 грн	12 хв	0,88	0,04	0,065	0,098	0,066
3	$10 \cdot 10^{-6} 200 \delta^{-1}$	20 хв	1000 грн	15 хв	0,81	0,10	0,082	0,049	0,083
4	$10 \cdot 10^{-6} 200 \delta^{-1}$	20 хв	1200 грн	20 хв	0,79	0,10	0,108	0,059	0,110
5	$6 \cdot 10^{-6} 200 \delta^{-1}$	10 хв	1800 грн	11 хв	0,91	0,06	0,059	0,089	0,061
6	$7 \cdot 10^{-6} 200 \delta^{-1}$	10 хв	2100 грн	8 хв	0,88	0,07	0,043	0,103	0,044
7	$6 \cdot 10^{-6} 200 \delta^{-1}$	10 хв	1200 грн	16 хв	0,93	0,06	0,086	0,059	0,088
8	$25 \cdot 10^{-6} 200 \delta^{-1}$	30 хв	1500 грн	25 хв	0,95	0,25	0,145	0,074	0,138
9	$4 \cdot 10^{-6} 200 \delta^{-1}$	15 хв	3500 грн	22 хв	0,89	0,04	0,119	0,172	0,121
10	$4 \cdot 10^{-6} 200 \delta^{-1}$	15 хв	3000 грн	18 хв	0,87	0,04	0,097	0,148	0,099
11	$20 \cdot 10^{-6} 200 \delta^{-1}$	25 хв	500 грн	24 хв	0,88	0,20	0,142	0,026	0,135

Результати розрахунку ймовірності ймовірності підсистем РЕК наведені в табл. 2, де

$$\sum_{i=1}^{11} u_i = 1696,3.$$

Таблиця 2

Оцінка ймовірності пріоритетного вибору і порядку (рангу) перевірки підсистем комплексу

Номер підсистеми	Комплексний показник	Ймовірність пріоритетного вибору	Ранг підсистеми
1	93,1	0,0549	8
2	83,7	0,0493	9
3	242,9	0,1432	3
4	112,7	0,0664	7
5	170,4	0,1005	4
6	316,1	0,1863	2
7	125,0	0,0737	6
8	160,4	0,0946	5
9	14,4	0,0085	11
10	24,5	0,0144	10
11	353,1	0,2082	1

На рис. 3 показана ймовірність оцінки технічного стану РЕК при перевірці підсистем за порядковими номерами (1) і після їх ранжування (2). При заданій ймовірності $P_D = 0,8$ отримуємо, що в першому випадку необхідно перевірити 10 підсистем, а в другому всього 6, тобто виграш складає 40%.

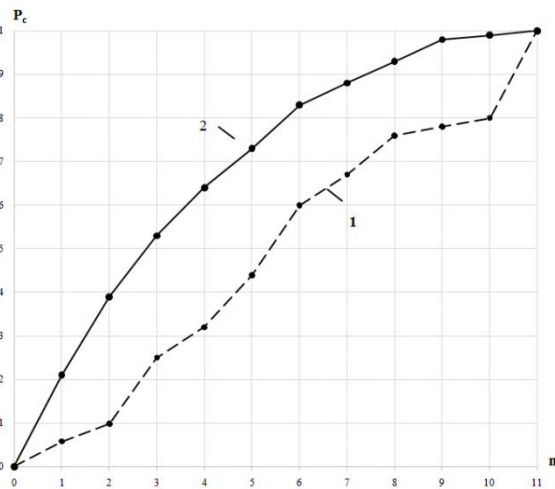


Рис. 3. Ймовірність оцінки технічного стану РЕК при перевірці підсистем за порядковими номерами (1) і після їх ранжування (2)

При однотипній елементній базі РЕК ймовірність оцінки його технічного стану визначається як відношення перевіреної кількості елементів до їх загальної кількості

$$P_c = \sum_{i=1}^n L_i / L.$$

Так як в першу чергу перевіряються найменш надійні підсистеми РЕК, то зрозуміло, що ймовірність безвідмовної роботи (рис. 4) і напрацювання на відмову (рис. 5) перевірених підсистем буде менше, ніж при перевірці за їх номерами, де

$$T = \left(\sum_{i=1}^n z_i \right)^{-1}.$$

Наприклад, при заданій ймовірності безвідмовної роботи за місяць ($t=720$ год.) (рис. 4)

$$P = \exp \left(-t \sum_{i=1}^n z_i \right); 1 \leq n \leq M,$$

рівною 0,95 отримуємо, що при реалізації запропонованої методики достатньо перевірити 4 підсистеми, а при перевірці за номерами необхідна перевірка 7 підсистем, тобто виграш складає 43%. Якщо задати напрацювання перевірених підсистем $T = 20000$ год., то використовуючи запропоновану методику, достатньо перевірити 4 підсистеми, а за номерами 7. Виграш за рахунок скорочення кількості перевірених підсистем складає 43%.

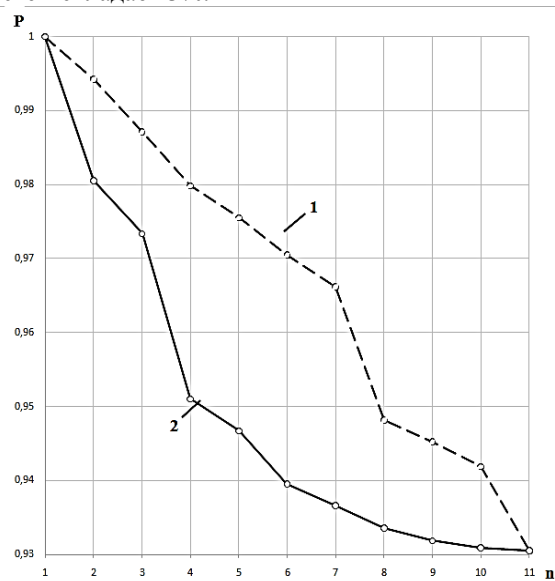


Рис. 4. Оцінка надійності кількості підсистем, що перевіряється за місяць роботи

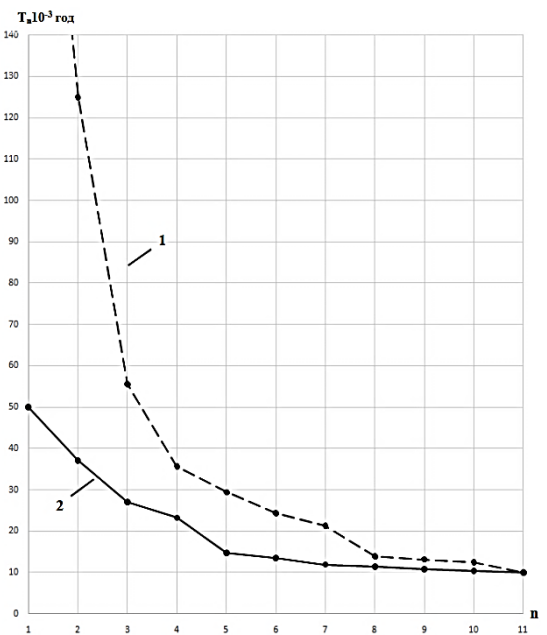


Рис. 5. Напрацювання на відмову за місяць перевірених підсистем

При обмеженому часі виконання технічного обслуговування можлива першочергова перевірка найменш надійних підсистем РЕК, що дозволяє реалізувати запропонована методика із заданою ймовірністю.

Висновки

Запропонована методика вперше основана на комплексному використанні надійнісних, часових і вартісних показників при оцінці ймовірності переможного вибору для перевірки виробу за станом.

На відміну від відомих методик, враховується метрологічна надійність засобів вимірювальної техніки і відрізняється доступністю вихідних даних.

Реалізація методики формалізована у вигляді блок-схеми, яку можливо використовувати для розробки програмного забезпечення на ЕОМ.

Приведений приклад практичного використання методики і показано, що ефект від її використання складає від 40% до 43% в залежності від показників, які оцінюються.

Подальші дослідження доцільно направити на розгляд можливості врахування вимог користувачів щодо впливу окремих показників комплексного коефіцієнта на ефективність технічного обслуговування виробів.

Список літератури

1. ДСТУ В 3576-97. Експлуатація та ремонт військової техніки. Терміни та визначення. Держстандарт України. – Київ, 1998. – 59 с.
2. ДСТУ В 3577-97. Види технічного обслуговування. Заміна комплектувальних виробів. Загальні положення. Держстандарт України. – Київ, 1998. – 9 с.
3. Барзилович Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем. – Москва: Высшая школа, 1982. – 231с.
4. Острейковский В.А. Теория надежности. – Москва: Высшая школа, 2003. – 463с.
5. Керівництво з технічного забезпечення зв'язку та автоматизації управління військами Збройних Сил України / Дзюба В.М. та ін.; за ред. О.М. Іващенко. – Київ, 2003. – 259 с.
6. Основы теории надёжности та эксплуатации радиоэлектронных систем / Василюшин В.Л., Женжера С.В. Чечуй С.В., Глушко А.П. – Харьков: ХНУПС, 2018. – 268 с.

7. Половко А.М, Гуров С.В. Основы теории надежности. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2006. – 704 с.

8. Креденцер Б.П. Техническое обслуживание и надежность системы с временным резервированием: монография. – Киев: Феникс, 2016. – 384 с.

9. Ксенз С.П. Основы технической диагностики средств связи и автоматизации управления. – Ленинград: ВАС, 1986. – 192 с.

10. Ксенз С.П. Борьба с диагностическими ошибками при техническом обслуживании и ремонте систем управления связи и навигации. – Санкт-Петербург: ВАС, 2006. – 240 с.

11. Ryzhov Ye. V, Sacovych L. N, Vankevych Petro. Optimization of requirements for measuring at metrological service of communication tools. Measurement, Journal of International Measurement Confederation. 2018. Vol.123. P.19-25. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.03.055>.

12. Сакович Л.Н., Бобро Р.А. Выбор параметров и последовательности их измерения при техническом обслуживании средств связи по состоянию. – Зв'язок. 2006. № 3. – С. 54-56.

13. Основы эксплуатации засобів вимірювальної техніки військового призначення в умовах проведення АТО/ Кононов В.Б. та ін. – Харків: ХНУПС, 2017. – 288 с.

14. Рижов Є.В. Метод визначення послідовності перевірки параметрів під час технічного обслуговування військової техніки зв'язку за станом / Є.В. Рижов, Л.М. Сакович // Науково-технічний журнал 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)

15. Kononov V.B., Ryzhov Ye.V, Sacovych L.N. Dependence of parameters of repair of military communication means on the quality of metrological support. Advanced Information Systems. Vol.2, №1. P.91-95. DOI: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2018.1.17>.

16. Рижов Є.В. Удосконалена методика обґрунтування параметрів для метрологічного обслуговування техніки зв'язку / Є.В. Рижов // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Серія ПРИЛАДОБУДУВАННЯ. – 2018. – Вип. 55(1). – С. 53-60. DOI: [https://doi.org/10.20535/1970.55\(1\).2018.135893](https://doi.org/10.20535/1970.55(1).2018.135893).

17. Сакович Л.М., Криховецький Г.Я., Небесна Я.Е. Оцінка впливу метрологічної надійності засобів вимірювань на час виконання технічного обслуговування засобів спеціального зв'язку. Системи управління, навігації та зв'язку. – 2018. Вип. 2 (48). – С.164-166. DOI: <https://doi.org.10.26906/SUNZ.2018.2.164>.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ПРОВЕРКИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ПО СОСТОЯНИЮ

Л.Н. Сакович, Е.В. Рижов, Ю.А. Настышин, Ю.В. Мирошниченко, Л.А. Коротченко

В статье рассмотрены особенности технического обслуживания радиоэлектронных комплексов большой размерности (десятки и сотни тысяч элементов), состоящих из отдельных подсистем, проверку работоспособности которых, техническое обслуживание и восстановление работоспособности во время текущего ремонта можно выполнять автономно. К таким объектам относятся узлы и аппаратные связи, радиолокационные станции, комплексы управления полетами и другие. В статье впервые предложено для повышения эффективности технического обслуживания по состоянию обоснованно устанавливать последовательность проверки подсистем с комплексным учетом надежности, временных и стоимостных показателей. Кроме того, предложено учитывать не только стоимость средств измерительной техники, но и их метрологическую надежность. Техническое обслуживание по состоянию - это стратегия, согласно которой перечень и периодичность операций технического обслуживания определяется фактическим техническим состоянием изделия в момент начала обслуживания.

Все перечисленные факторы объединяются комплексным показателем, значение которого рассчитывают для каждой подсистемы комплекса. Для нормирования значения комплексного показателя вводится вероятность преимущественного выбора подсистем комплекса. Затем в результате ранжирования подсистем по убыванию значения этой вероятности определяют последовательность проверки отдельных подсистем комплекса. В таком случае, кроме последовательности проверки, можно определить минимальное количество проверяемых подсистем для обеспечения требуемого значения вероятности оценки технического состояния изделия в целом за ограниченное время.

В статье приведена блок-схема алгоритма реализации методики, позволяющей использовать ЭВМ для автоматизации процесса. Приведен пример использования методики и количественная оценка эффективности ее применения. Использование предложенной методики приведет к упорядочению практической реализации технического обслуживания по состоянию и повышению его эффективности в реальных условиях эксплуатации радиоэлектронных комплексов большой размерности.

Ключевые слова: радиоэлектронные комплексы, техническое обслуживание по состоянию, вероятность преимущественного выбора.

METHODOLOGY FOR DETERMINING THE SEQUENCE OF CHECKING RADIO ELECTRONIC COMPLEXES AT MAINTENANCE

L. Sakovych, Y. Ryzhov, Yu. Nastishin, Yu. Miroshnichenko, L. Korotchenko

The article discusses the features of maintenance of large-scale electronic complexes (tens and hundreds of thousands of elements), consisting of separate subsystems, the operability of which, maintenance and restoration of operability during ongoing repairs can be performed autonomously. Such objects include nodes and hardware communications, radar stations, flight control systems, and others. In the article for the first time it was proposed to increase the efficiency of maintenance as it is reasonable to establish the sequence of checking subsystems with a comprehensive account of reliability, time and cost indicators. In addition, it is proposed to take into account not only the cost of measuring equipment, but also their metrological reliability. Maintenance of the state is a strategy according to which the list and frequency of maintenance operations are determined by the actual technical condition of the product at the time the service is started.

All these factors are combined by a complex indicator, the value of which is calculated for each subsystem of the complex. To normalize the value of the complex indicator, the probability of the preferential choice of the subsystems of the complex is introduced. Then, as a result of ranking the subsystems in descending order, the values of this probability determine the sequence of checking individual subsystems of the complex. In this case, in addition to the verification sequence, it is possible to determine the minimum number of subsystems being checked to ensure the required probability of evaluating the technical condition of the product as a whole, for a limited time.

The article provides a block diagram of an algorithm for implementing the methodology that allows using computers to automate the process. An example of the use of the technique and a quantitative assessment of the effectiveness of its application are given. Using the proposed methodology will streamline the practical implementation of maintenance by state and increase its effectiveness under real-life operating conditions of large-scale electronic complexes.

Keywords: radio-electronic complexes, maintenance of status, probability of preferential choice.