International Science Journal of Engineering & Agriculture
2024; 3(4): 86-96
https://isg-journal.com/isjea
doi: 10.46299/j.isjea.20240304.09
ISSN: 2720-6319

INTERNATIONAL SCIENCE GROUP

Перспективні напрямки забезпечення надійності радіоелектронних засобів

Сергій Іванович Глухов
кафедра військово-технічної підготовки Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, Україна.
ORCID 0000-0002-4918-3739

Лев Миколайович Сакович
спеціальна кафедра, інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Київ, Україна
ORCID 0000-0002-8257-7086

Олександр Сергійович Бабій
кафедра військово-технічної підготовки Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, Україна
ORCID 0000-0001-5752-5025

Для цитування цієї статті:
Глухов Сергій Іванович, Сакович Лев Миколайович, Бабій Олександр Сергійович. Перспективні напрямки забезпечення надійності радіоелектронних засобів. International Science Journal of Engineering & Agriculture. Vol. 3, No. 4, 2024, pp. 86-96. doi: 10.46299/j.isjea.20240304.09.
Надійшла до редакції: 1 липня 2024 р.; **Схвалено:** 31 липня 2024 р.;
Опубліковано: 01 серпня 2024 р.

Анотація: В статті на основі аналізу сучасних наукових публікацій встановлено та досліджено перспективні напрямки забезпечення надійності сучасних програмно-керованих радіоелектронних засобів. Вперше розглянута можливість появи і накопичення прихованих дефектів в багаторежимних об'єктах, а також під час їх короткочасного зберігання. Комплексно враховано діагностування аналогових і цифрових частин виробу під час поточного ремонту. Формалізовано порядок забезпечення потрібних значень показників надійності сучасних радіоелектронних засобів як під час проектування, так і в процесі експлуатації з врахуванням можливості появи і накопичення прихованих дефектів. Також вперше формалізований порядок оцінки середнього часу відновлення виробів після короткочасного зберігання. Отримані наукові дослідження доведено до можливості практичного використання із застосуванням інформаційних технологій.

Ключові слова: радіоелектронні засоби, оцінка значень показників надійності, врахування особливостей побудови і експлуатації.

1. Вступ

В даний час сучасні радіоелектронні засоби (РЕЗ) відрізняються властивостями багаторежимності та багатофункціональності, поєднанням аналогових та цифрових складових, програмним керуванням процесів функціонування. Всі перелічені складові впливають на показники надійності РЕЗ, що комплексно не враховується у відомих наукових публікаціях. На основі аналізу сучасних наукових публікацій, а також результатів досліджень авторів, обґрунтовані перспективні напрямки забезпечення необхідного рівня надійності РЕЗ.

2. Об'єкт і предмет дослідження

Об'єкт дослідження - процес визначення значень показників надійності сучасних програмно-керованих РЕЗ. Предмет досліджень - наукове обґрунтування перспективних напрямків забезпечення потрібного рівня надійності сучасних програмно-керованих РЕЗ.

3. Мета та задачі дослідження

Мета роботи - визначення перспективних напрямків забезпечення необхідного рівня надійності сучасних програмно-керованих РЕЗ.

Задачі дослідження:

- аналіз існуючого стану оцінювання надійності РЕЗ;
- визначення завдань, які необхідно вирішити для забезпечення необхідного рівня надійності РЕЗ;
- наукове обґрунтування напрямків забезпечення необхідних значень показників надійності;
- формалізація процесу рішень поставленої наукової задачі;
- визначення перспективних напрямків досліджень в галузі теорії надійності великих об'єктів та систем.

4. Аналіз літератури

Експлуатація виробу - стадія життєвого циклу продукції, на якій реалізують, підтримують та відновлюють якість виробу. Експлуатація виробу охоплює у загальному випадку етапи введення в експлуатацію, використання за призначенням, зберігання і транспортування в процесі експлуатації, технічне обслуговування (ТО), поточний та плановий ремонти, припинення експлуатації, списання (передавання, утилізацію, знищення). Система експлуатації - сукупність виробів, засобів експлуатації, виконавців і документації, що встановлює правила їх взаємодії, котрі необхідні і достатні для виконання задач експлуатації. Засоби експлуатації включають вимірювальну апаратуру, засоби управління, технологічне обладнання, експлуатаційні витратні матеріали і документацію [1].

Ефективність системи експлуатації - ступінь придатності до виконання завдань на необхідному рівні протягом заданого часу та у визначених умовах, яке суттєво залежить від технічної надійності РЕЗ.

Надійність РЕЗ кількісно оцінюється показниками: одиничними та комплексними [2, 3].

Найчастіше використовують одиничні показники:

середній наробіток між відмовами (T) - відношення сумарного наробітку відновлюваного об'єкту до математичного сподівання числа його відмов протягом цього наробітку;

середня тривалість відновлення ($T_В$) - математичне сподівання часу відновлення працездатного стану об'єкту після відмови.

Вони об'єднуються комплексними показниками, які характеризують кілька властивостей, що в сукупності складають надійність об'єкта. До них відносяться [2, 3]:

коефіцієнт готовності - ймовірність того, що об'єкт виявився працездатним у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких використання об'єкта за призначенням не передбачено

$$A = \frac{T}{T+T_B} \ ; \tag{1}$$

коефіцієнт неготовності - ймовірність того, що об'єкт виявився непрацездатним у довільний момент часу, крім запланованих періодів, протягом яких використання об'єкта за призначенням не передбачено

$$U = 1 - A = \frac{T_B}{T+T_B} \ ; \qquad (2)$$

коефіцієнт збереження ефективності - відношення значення показника ефективності використання об'єкта за призначенням за певну тривалість експлуатації до його номінального значення (використовують для ранжування пошкоджених виробів в черзі на ремонт - в першу чергу відновлення об'єктів з більшим значенням цього коефіцієнту);

коефіцієнт оперативної готовності - ймовірність того, що за винятком тих запланованих періодів, коли використання за призначенням не передбачено, об'єкт у довільний момент часу виявиться у працездатному стані і надалі виконуватиме потрібні функції протягом заданого інтервалу часу (використовують при плануванні операції для визначення завантаження ремонтних органів);

ймовірність виконання функцій системою визначається коефіцієнтами готовності її елементів, наявністю надлишковості (резервування) і розмірністю системи.

На якість технічної експлуатації РЕЗ впливають кваліфікація фахівців, умови експлуатації (польові або стаціонарні), технічне забезпечення, метрологічне і діагностичне забезпечення.

Технічне забезпечення експлуатації виробів - комплекс організаційно-технічних заходів і дій з накопичення до встановлених норм техніки і майна, своєчасне забезпечення ними користувачів, збереження та підтримання у стані, що забезпечує своєчасне приведення в готовність до використання за призначенням виробів, поповнення втрат у повсякденної діяльності, своєчасного відновлення при пошкодженнях [1, 2].

Метрологічне забезпечення (МЗ) - комплекс науково-технічних і організаційно-технічних заходів, а також відповідна діяльність організації і фахівців, спрямована на забезпечення єдності та точності вимірювань для досягнення необхідних характеристик виробів [4].

Діагностичне забезпечення (ДЗ) – комплекс взаємопов'язаних правил, методів, алгоритмів і засобів необхідних для здійснення діагностування на всіх етапах життєвого циклу об'єкту, а також сукупність вбудованих і зовнішніх засобів технічного діагностування, програм пошуку дефектів під час поточного ремонту і відновлення працездатності РЕЗ після отримання аварійних або бойових пошкоджень [1, 2].

Перераховані види забезпечення спрямовані на підвищення значення T і зменшення значення T_B. Тобто ефективність системи технічної експлуатації можливо кількісно оцінювати значеннями комплексних показників надійності. Але суттєве зниження значення T_B практично не впливає на коефіцієнт готовності, що веде до відповідного зменшення значення коефіцієнта неготовності. Наприклад, при T=1000 год зменшення значення T_B з 50 хв до 40 хв знижує коефіцієнт неготовності в 1,26 рази і підвищує всього в 1,002 рази коефіцієнт готовності.

РЕЗ різноманітного призначення безперервне вдосконалюються внаслідок автоматизації технологічних операцій і впровадження цифрових методів обробки інформації, що веде як до ускладнення схем, так і конструктивних рішень, але вимоги щодо значень показників надійності об'єктів в цілому не змінюються. Цифровізація та програмне керування функціонуванням РЕЗ підвищує якість їх використання за призначенням, але при цьому на надійність виробу в цілому впливає якість програмного забезпечення, особливо в початковий період експлуатації [5, 6].

На значення середнього часу відновлення під час ремонту і ТО суттєво впливає МЗ, яке підвищує ймовірність правильної оцінки технічного стану (ТС) [7, 8].

При традиційному розрахунку надійності РЕЗ враховують, що всі елементи працюють одночасно. Це завищує вимоги до елементної бази і підвищує вартість виробу в цілому. В [9] пропонується використання поправочних коефіцієнтів виходячи з досвіду експлуатації виробів аналогічного призначення, але це неможливо при застосуванні нової елементної бази. В [10] запропоновано розглядати багаторежимні РЕЗ як об'єкти зі змінною структурою. При цьому встановлено, що в непрацюючий частині виробу можлива поява та накопичення прихованих дефектів [7], які визначаються тільки при зміні режиму роботи або технічному обслуговуванні [11].

Таким чином, у розглянутих наукових роботах проведені дослідження окремих складових, що впливають на надійність РЕЗ, але відсутній комплексний підхід до оцінювання впливу на значення показників надійності в цілому з врахуванням встановлених особливостей схемної і конструктивної побудови, а також умов експлуатації.

5. Методи дослідження

В статті використані відомі методи теорії ймовірностей [12], метрології [7, 11, 13], теорії технічної надійності великих об'єктів та систем [7, 9], а також технічної діагностики [14-19].

6. Результати дослідження

Взаємозв'язок МЗ і ДЗ з показниками якості ТО і поточного ремонту РЕЗ, а також їх вплив на значення показників надійності в цілому приведений на рис. 1.

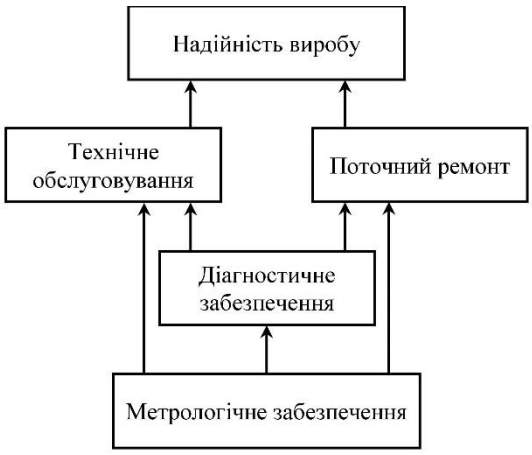

Рис.1. Взаємозв'язок метрологічного та діагностичного забезпечення з показниками якості технічного обслуговування і поточного ремонту РЕЗ.

Якість МЗ визначається ймовірністю правильного оцінювання результатів вимірювань, метрологічною надійністю засобів вимірювальної техніки, а також їх кількістю [7].

Якість ДЗ залежить від виду і форми умовних алгоритмів діагностування, кількості перевірок для визначення дефекту, ймовірності правильного оцінювання ТС виробу, а також математичного сподівання відхилення діагнозу від істинного значення при одній помилці фахівця в оцінюванні результату виконання перевірки.

Якість технічного обслуговування РЕЗ залежить від стратегії, періодичності, трудомісткості і ймовірності правильного визначення ТС виробу.

Якість поточного ремонту РЕЗ залежить від кваліфікації виконавців, їх кількості і наявності діагностичних програм. Надійність виробу в цілому залежить від правильного оцінювання середнього часу відновлення, наробітку на відмову, комплексних показників надійності.

Встановлено, що від якості МЗ залежить ДЗ, яке впливає на якість ТО і поточного ремонту, тобто визначає одиничні і комплексні показники надійності виробу в цілому.

Таким чином, для отримання потрібних значень показників надійності виробу необхідно підвищувати ефективність усіх складових МЗ і ДЗ, технічного обслуговування, поточного ремонту.

Розглянемо оцінку впливу МЗ і ДЗ забезпечення на надійність цифрових пристроїв РЕЗ зі змінною структурою.

Для визначення ТС цифрових пристроїв рекомендується використовувати сучасні спеціальні методи [19]:

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

2. Енергодинамічний метод використовує для контролю ТС цифрових пристроїв і локалізації дефектних елементів комплексний аналіз діагностичної інформації від двох незалежних різнорідних джерел.

3. Електромагнітний метод полягає у визначенні ТС вимірюванням значення напруги імпульсів, наведених у антені, покладеній на елементи цифрових пристроїв.

При комплексному використанні цих методів достовірність оцінки ТС цифрових пристроїв підвищується [19]:

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

У [19] приведено значення достовірності оцінки ТС цифрових пристроїв запропонованими методами і їх комплексним використанням (рис. 2), де m – кількість методів.

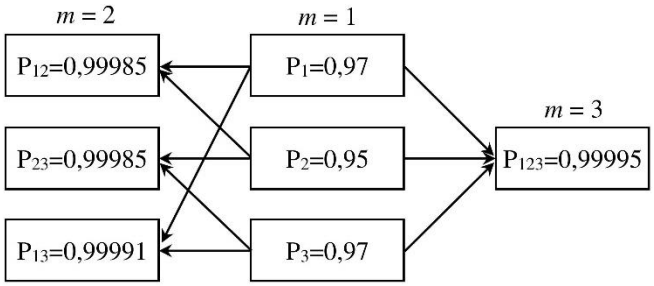

Рис. 2. Залежність достовірності визначення технічного стану цифрових пристроїв від кількості методів фізичного діагностування.

Але в приведених роботах відсутня оцінка впливу МЗ і ДЗ на значення комплексного показника надійності. Крім того, в відомих роботах не розглядаються особливості схемної побудови складних виробів (багаторежимних об'єктів, об'єктів зі змінною структурою) і їх експлуатації в реальних умовах (можливість появи прихованих дефектів під час роботи багаторежимних об'єктів або короткочасного зберігання).

Завдання забезпечення максимального значення ймовірності оцінки ТС складних РЕЗ під час їх ТО або поточного ремонту виникає залежно від призначення і важливості, недопущення переривів функціонування під час використання за призначенням.

Узагальнення отриманих результатів дозволяє формалізувати послідовність дій при проектуванні цифрових пристроїв для заданих умов експлуатації при збереженні необхідних значень показників надійності згідно керівних документів у вигляді алгоритму рис. 3, де:

t – середній час виконання перевірки;

t_y – середній час усунення несправності;

L – кількість елементів;

$T_П$ – припустиме значення наробітку на відмову;

P – достовіврність діагностування;

$P(\tau)$ – метрологічна надійність ЗВТ в міжповірочний період τ;

$U_П$ – припустиме значення коефіцієнту неготовності;

Z – параметр потоку відмов виробу.

В дослідженні вперше розглянуто використання методів фізичного діагностування цифрових пристроїв з врахуванням особливості побудови і експлуатації складних виробів. Встановлено, що підвищення якості МЗ і ДЗ, а також кваліфікації фахівців ремонтного

органу суттєво впливають на значення комплексних показників надійності цифрових пристроїв складних виробів (наприклад, при $m = 1$ зменшення t з 0,2 до 0,1 год знижує коефіцієнт неготовності в 1,3 раза). Отримані результати в подальшому використовують для вдосконалення ДЗ ремонту РЕЗ.

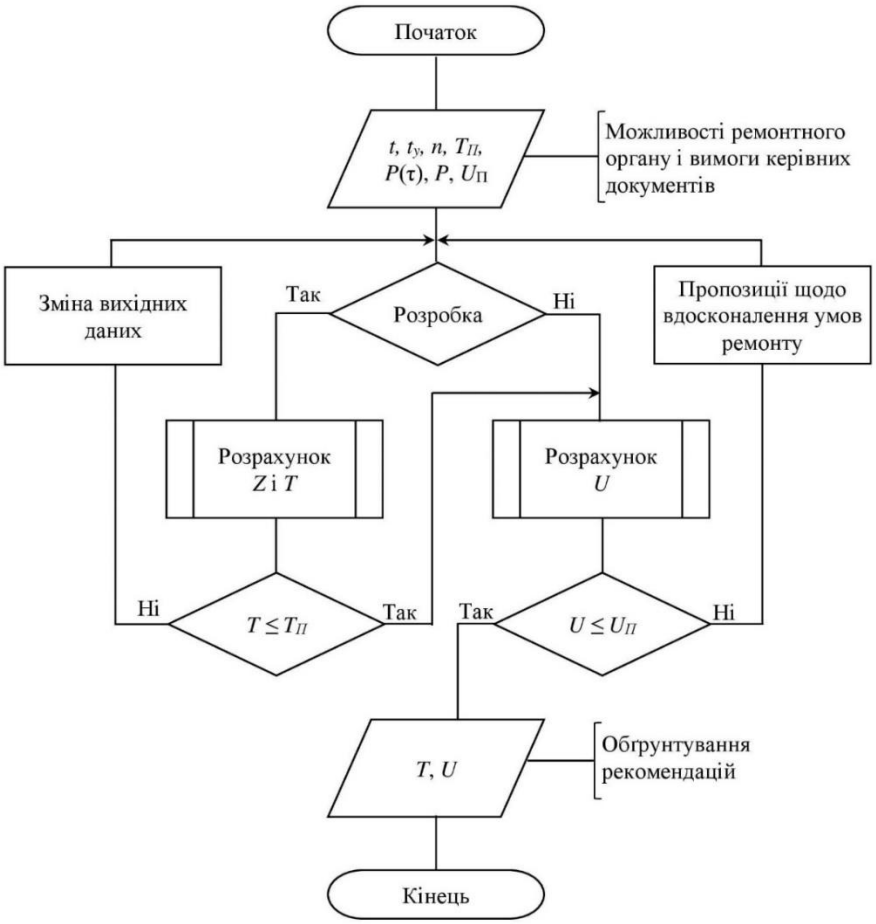

Рис. 3. Формалізований порядок забезпечення показників надійності під час проектування і експлуатації.

Пропонуємо формалізацію процесу оцінювання впливу цих властивостей на значення показників надійності виробу в цілому, яка наведена на рис. 4, де додатково позначено:

α – коефіцієнт прихованих відмов;

Q_i – кількість визначених прихованих відмов в підмножині елементів L_i;

Q – загальна кількість відмов в об'єкті за час роботи T_p;

T_{pi} – час роботи у режимі i;

u_i – відносний час роботи підмножини елементів i ;

S_i – коефіцієнт врахування наявності прихованих відмов в об'єкті зі змінною структурою;

R – кількість підмножин елементів об'єкту;

T_{BP} – розрахунковий середній час відновлення;

K – середня кількість перевірок;

K_i – середня кількість перевірок при пошуку дефектів в підмножині елементів L_i;

L_i – кількість елементів, що працюють у режимі i;

Z' –параметр потоку відмов без врахування прихованих відмов;

Z'' –параметр потоку відмов з урахуванням прихованих відмов;

p – ймовірність правильного оцінювання результату перевірки.

Експериментальне використання цих результатів показує, що, наприклад, в радіостанції до 12% підвищується точність оцінки значення коефіцієнта неготовності.

Переваги запропонованого удосконаленого методу оцінювання надійності об'єктів зі змінною структурою полягають у наступному:

під час дослідної експлуатації перспективних зразків РЕЗ можливо встановити значення коефіцієнту прихованих дефектів, що відсутнє у відомих методах;

використання цих результатів дозволяє уточнити значення показників надійності багаторежимних об'єктів в цілому;

якщо вони не задовольняють вимогам, то доцільно підвищити якість діагностичного (K_i, K) і метрологічного (p, $P(\tau)$) забезпечення, підвищити рівень кваліфікації фахівців ремонтного органу (t, t_y) і якщо цього недостатньо – замінити елементну базу на більш надійну або удосконалити конструкцію РЕЗ для зниження перегріву непрацюючої частини багаторежимних об'єктів і підвищення стійкості до механічних перевантажень (Z_i, Z);

використання запропонованих пропозицій виключає серійне виробництво РЕЗ з недостатнім рівнем надійності.

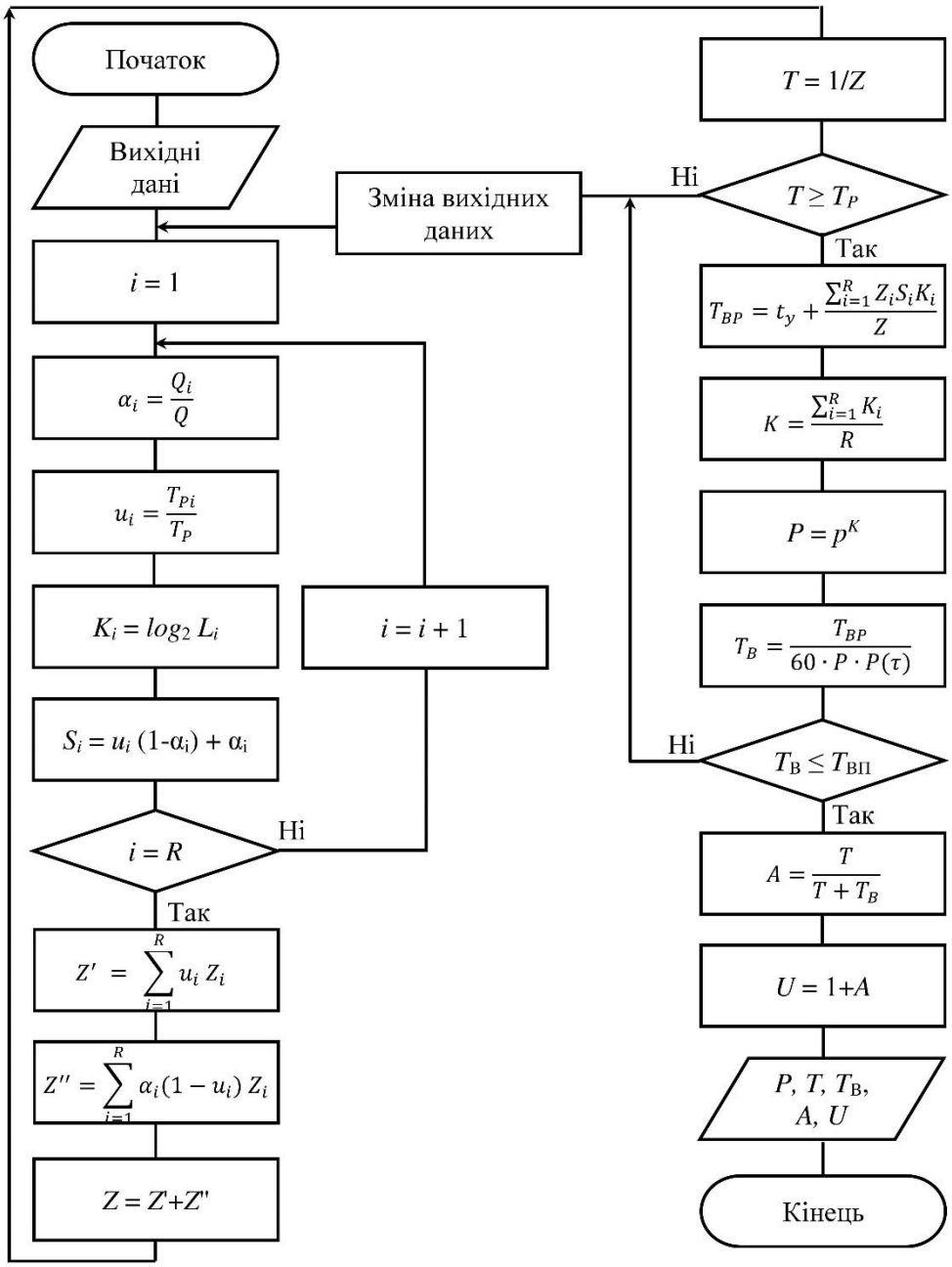

Рис. 4. Блок-схема алгоритму розрахунку значень показників надійності об'єктів зі змінною структурою і врахуванням прихованих дефектів.

Сучасні РЕЗ спеціального призначення використовують з перервами на короткочасне зберігання. До них відносяться обладнання РЕЗ військового призначення, що використовують періодично, річкових суден які використовуються неповний рік, обладнання геологічних партій тощо. Врахування цієї особливості РЕЗ у відомих джерелах не розглянуто, тому пропонується комплексне врахування властивості структури об'єкту під час функціонування, а також появи і накопичення дефектів в непрацюючих частинах виробу на значення показників надійності. Відомо, що інтенсивність відмов елементів під час зберігання в порівнянні з роботою РЕЗ зменшується в 10-100 разів, це веде до появи прихованих дефектів [9].

Всі ці особливості у відомих роботах також не розглядаються. Тому формалізація процесу оцінки кількості прихованих дефектів і середнього часу відновлення РЕЗ після зберігання приведена на рис. 5, де додатково позначено: β – коефіцієнт прихованих дефектів під час короткочасного зберігання. Це важливо для планування роботи ремонтних органів.

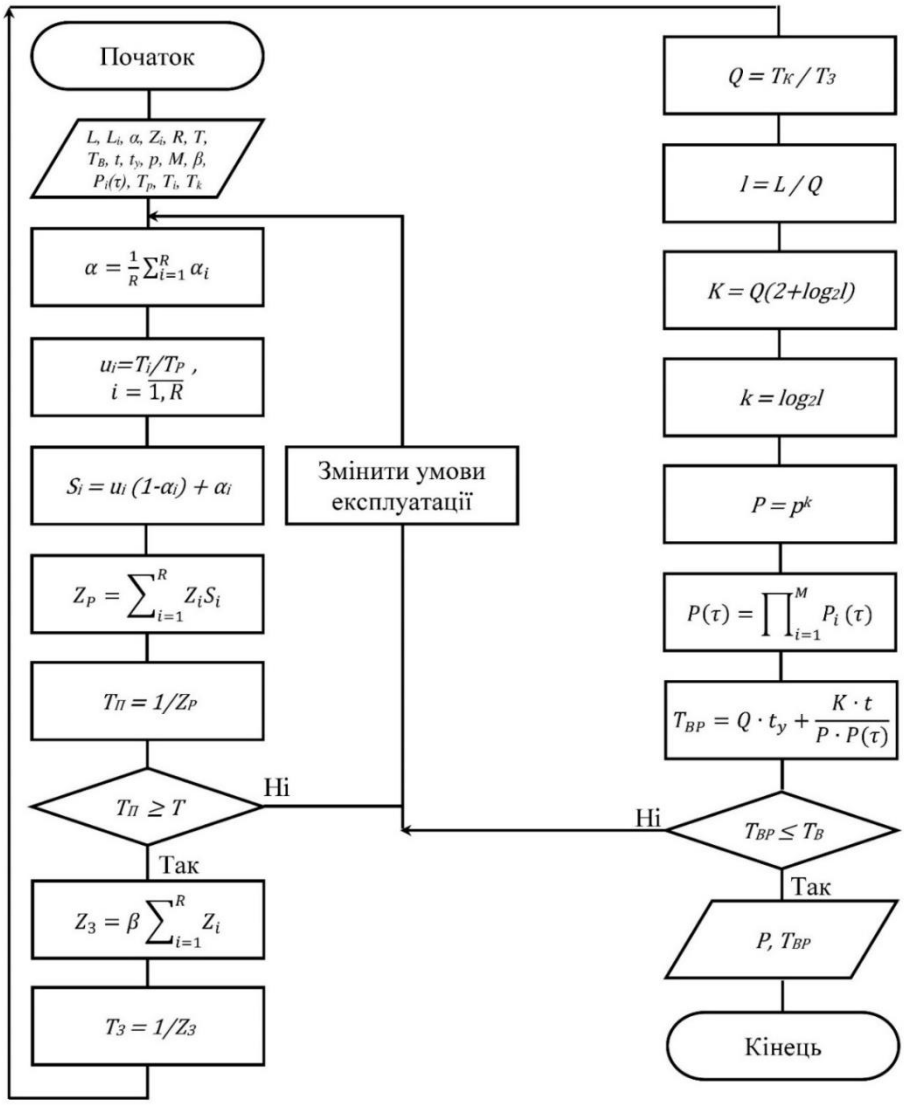

Рис. 5. Блок-схема алгоритму реалізації методу оцінки середнього часу відновлення радіоелектронних засобів після короткочасного зберігання.

Отримані результати експериментально перевірені на прикладі радіолокаційної станції.

В дослідженні розглянути питання щодо використання інформаційних технологій для побудови і впровадження автоматизованої системи технічного діагностування сучасних спеціальних виробів. На відміну від відомих робіт, вперше під час розрахунку значень

показників надійності РЕЗ враховано можливість появи прихованих дефектів в об'єктах зі змінною структурою. Це дозволило в окремих випадках знизити значення коефіцієнту неготовності спеціальних виробів до 16,7%. Ефект скорочення середнього часу відновлення РЕЗ при поточному ремонті досягається використанням інформаційних технологій і методів фізичного діагностування.

Забезпечення потрібного рівня надійності РЕЗ досягається удосконаленням методу оцінювання одиночних і комплексних показників надійності об'єктів зі змінною структурою, що до 12% підвищує точність оцінки значення коефіцієнта неготовності.

Вперше обґрунтований метод оцінювання середнього часу відновлення спеціальних виробів після їх короткочасного зберігання. Отримані і досліджені функціональні залежності значень показників надійності від керованих змінних, формалізований порядок використання методу.

Особлива увага в роботі приділяється удосконаленню ДЗ ремонту цифрових пристроїв РЕЗ з використанням інформаційних технологій і методів фізичного діагностування. Для цього запропоновано використання діагностичного модуля на основі методів фізичного діагностування і вдосконалення методики фізичного діагностування цифрових пристроїв об'єктів РЕЗ, процес застосування яких формалізовано і доведено до практичної реалізації [14, 19].

Отримані в роботі наукові результати доцільно використовувати на всіх етапах життєвого циклу сучасних аналогових і цифрових спеціальних виробів - від проектування їх МЗ і ДЗ до перевірки значень показників надійності під час дослідної експлуатації перспективних зразків та підконтрольної експлуатації перших серійних зразків на початку періоду нормальної експлуатації [8-11].

Також отриманий метод обґрунтування вимог до МЗ поточного ремонту РЕЗ, що дозволяє для отримання заданих значень показників надійності використовувати засоби вимірювальної техніки з мінімально необхідними метрологічними характеристиками для зниження їх вартості [4, 11].

7. Перспективи подальшого розвитку досліджень

В статті розглянуто використання РЕЗ в нормальних умовах експлуатації. В подальшому доцільно дослідити процеси відмови працездатності РЕЗ в польових умовах при аварійних пошкодженнях, а саме:

- процес дефектування (визначення ступеня пошкодження і міста проведення ремонту);
- діагностування РЕЗ при наявності кратних (множених) дефектів (використання спеціальних усічених процедур пошуку кратних дефектів);
- створення програмного забезпечення апаратних технічного забезпечення РЕЗ для діагностування у польових умовах;
- створення апаратної технічного забезпечення з підмінним фондом агрегатів для виконання ремонту агрегатним методом;
- скорегувати навчальні програми підготовки фахівців для можливості усунення несправностей слабкого ступеня РЕЗ у польових умовах.

8. Висновки

1. В статті приведені аналіз дослідження в галузі технічної експлуатації складних систем, що дозволило встановити перспективні напрямки досліджень.

2. Формалізований метод комплексного врахування змінної структури РЕЗ під час функціонування, а також появи і накопичення дефектів під час використання за призначенням.

3. Формалізований метод комплексного врахування появи і накопичення дефектів під час короткочасного зберігання на значення середнього часу відновлення РЕЗ.

4. Ефект від впровадження отриманих результатів полягає в зменшенні значення коефіцієнта неготовності.

5. Наукова новизна отриманих результатів полягає в отриманні та дослідженні функціональних залежностей часткових і комплексних показників надійності РЕЗ від керованих змінних, а також формалізації розрахунків цих значень за допомогою інформаційних технологій.

6. Визначені перспективні напрямки подальших досліджень.

Список літератури:

1) Експлуатація та ремонт військової техніки. Терміни та визначення. ДСТУ В 3576-97 (1998).

2) Надійність техніки. Терміни та визначення: ДСТУ 2860-94. (1994).

3) Надійність техніки. Методи розрахунку показників надійності. Загальні вимоги: ДСТУ 2862-94. (1995).

4) Kononov, V., Ryzhov, Ye. & Sakovych, L. (2018). Dependence of parameters of repair of military communication means on the quality of metrological support. *Сучасні інформаційні системи*, 2 (1), 91–95. doi:10.20998/2522-9052.2018.1.17

5) Бобало, Ю. Я., Волочій, Б.Ю., Лозинський, О.Ю., Мандзій, Б.А., Озірковський, Л.Д., Федасюк, Д.В., … Яковина, В.С. (2013). Математичні моделі та методи аналізу надійності радіоелектронних, електротехнічних та програмних систем: монографія. *Львів: Вид. Львівської політехніки*.

6) Сакович, Л.М. & Гнатюк, С.Є. (2013) Оцінювання надійності програмно-керованих засобів зв'язку. *Зв'язок*, (3), 45-49.

7) Кононов, В.Б., Водолажко, С.В., Коваль, С.В., Науменко, А.М. & Кондрашова, І.І. (2017). Основи експлуатації засобів вимірювальної техніки військового призначення в умовах проведення АТО. *Харків.: ХНУПС*.

8) Сакович, Л.М., Романенко, В.П., Гиренко, І.М., Курята, Я.Е. & Мирошниченко, Ю.В. (2021). Технічна експлуатація засобів та систем зв’язку. *Київ: НТУУ КПІ ім. І. Сікорського*. Retrieved from https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/57827/1/Tekhnichna_ekspluatatsiia_zasobiv_ta_system_zviazku.pdf.

9) Василишин, В.І., Женжера, С.В., Чечуй, О.В. & Глушко, А.П. (2018). Основи теорії надійності та експлуатації радіоелектронних систем: навчальний посібник. *Харків.: ХНУПС*.

10) Ryzhov, Ye., Sakovych, L., Puchkov, O.O. & Nebesna, Y.E. (2020). Evaluation of Reliability of Radio-Electronic devices with Variable Structure. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, (3), 31–41. doi:10.15588/1607-3274-2020-3-3

11) Сакович, Л.М., Рижов, Є.В., Курята, Я.Е., Бабій, О.С. & Швець, М.В. (2024). Метод обґрунтування вимог до метрологічного забезпечення поточного ремонту військової техніки зв'язку. *Військово-технічний збірник*, (30), 63-71. doi:10.33577/2312-4458.30.2024.63-71

12) Вентцель, Е.С. (1969). Теория вероятностей. *М.: Наука*.

13) Sakovich, L., Gnatiuk, S., Semekha, S., Volosheniuk, D. & Popov, I. (2024). Formalizing the Development of Diagnostic Support for Radio-Electronic Equipment. *Cybern Syst Anal*, 60 (2), 305–319. doi:10.1007/s10559-024-00671-w

14) Глухов, С.І. & Романенко, В.П. (2018). Методика діагностування та прогнозування технічного стану об’єктів РЕТ при використанні автоматизованої системи технічного діагностування. *Сучасні інформаційні технології та кібербезпека: науково-практична конференція, 26-27 квітня 2018: тези доп. XXII Всеукр. НПК, Житомир*, 195-196.

15) Solomentsev, O.V., Zaliskyi, M.Y., Shcherbyna, O.A. & Asanov, M.M. (2021). Optimization of preventive threshold for conditionbased maintenance of radio electronic equipment *Radio Electronics, Computer Science, Control*, (2), 19–27. doi:10.15588/1607-3274-2021-2-2

16) Зюбан, А.Н., Майборода, І.М. & Бондар, С.В. (1998). Модель прогнозуючої діагностичної системи. *Информационные системы*, 3 (11), 69-72. Retrieved from https://core.ac.uk/reader/232886088

17) Локазюк, В.М. & Савченко, Ю.Г. (2004). Надійність, контроль, діагностика і модернізація ПК: посібник, *Київ: Видавничий центр «Академія»*.

18) Вишнівський, В.В., Жердєв, М.К., Лєнков, С.В. & Проценко В.А. (2009). Діагностування аналогових і цифрових пристроїв радіоелектронної техніки: монографія, *Київ: ТОВ «Компанія ЛІК»*.

19) Глухов, С.І. (2021). Методологія побудови автоматизованої системи технічної діагностики радіоелектронної техніки на основі фізичного діагностування. (дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук).

Prospective directions for ensuring the reliability of radio-electronic means

Sergey Glukhov
Department of Military and Technical Training, Kyiv National Taras Shevchenko University, Ukraine
ORCID 0000-0002-4918-3739

Lev Sakovych
Special Department, Institute of Special Communication and Information Protection of the National Technical University of Ukraine "Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine
ORCID 0000-0002-8257-7086

Oleksandr Babii
Department of Military and Technical Training, Kyiv National Taras Shevchenko University, Ukraine
ORCID 0000-0001-5752-5025

Abstract: In the article, based on the analysis of modern scientific publications, promising directions for ensuring the reliability of promising programmable radio electronic devices are established and investigated. For the first time, the possibility of the appearance and accumulation of hidden defects in multi-mode objects, as well as during their short-term storage, is considered. Diagnostics of analog and digital parts of the product during current repair is comprehensively taken into account. The procedure for ensuring the required values of the reliability indicators of modern radio-electronic devices both during design and during operation, taking into account the possibility of the appearance and accumulation of hidden defects, has been formalized. Also, for the first time, the procedure for estimating the average recovery time of products after short-term storage has been formalized. The obtained scientific research has been brought to the possibility of practical use with the application of information technologies.

Keywords: radio-electronic means, evaluation of the values of reliability indicators, taking into account the peculiarities of construction and operation.