

УДК 681.35

С.В. Ленков<sup>1</sup>, М.К. Жердев<sup>2</sup>, І.В. Толлок<sup>1</sup>, С.І. Глухов<sup>3</sup>, Г.Б. Жиров<sup>1</sup><sup>1</sup> Військовий інститут Київського національного університету ім. Т. Шевченка, Київ<sup>2</sup> Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Київ<sup>3</sup> Факультет післядипломної освіти Військового інституту Київського національного університету ім. Т. Шевченка, Київ

## МЕТОДИКА РОЗРОБКИ ДІАГНОСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ НА ОСНОВІ ЕНЕРГОСТАТИЧНОГО МЕТОДУ ДІАГНОСТУВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Незважаючи на велику значимість сучасних методів діагностування радіоелектронної техніки, при застосуванні будь-якого з них у процесі обробки діагностичної інформації не враховується час наробітку до відмови. Визначені мінімальна та максимальна межі діагностичних параметрів негативно впливають на точність оцінки технічного стану у період роботи, що може призвести та призводить до раптових відмов об'єктів радіоелектронної техніки. Розроблена у статті методика для енергостатичного процесу враховує залежність значення напруги у контрольній точці як діагностичного параметру від наробітку до відмови при обробці діагностичної інформації з використанням інформаційних технологій, а її застосування дозволить точніше визначати значення діагностичного параметру, а також прогнозувати з заданою достовірністю час відмови та заздалегідь визначити радіоелектронний компонент з критичними характеристиками.

**Ключові слова:** діагностичний параметр, радіоелектронний компонент, інформаційні технології, енергостатичний метод діагностування.

### Вступ та постановка завдання

Діагностичне забезпечення радіоелектронної техніки (РЕТ) відіграє велику роль у попередженні виходів її зі строю. Від працездатності РЕТ залежить не тільки виконання багатьох важливих задач, пов'язаних з життєдіяльністю громадян, а й їх безпека.

У рамках аспекту надійності вирішуються питання діагностування РЕТ, а саме: організація контролю технічного стану, правильності функціонування і пошуку несправностей у процесі виробництва, експлуатації й ремонту. Складність і багатофункціональність сучасної РЕТ, побудованої на новій елементній базі – великих інтегральних схемах, надвеликих інтегральних схемах потребує нових підходів до її діагностування.

Сучасні методи [1–5] (енергодинамічний, енергостатичний, електромагнітний) технічного діагностування типових елементів заміни (ТЕЗ), з яких складаються блоки РЕТ, дозволяють з заданою достовірністю визначати її технічний стан. Незважаючи на суттєві переваги цих методів, треба відмітити те, що вони не враховують часу напрацювання на відмову радіоелектронних компонентів ТЕЗ, що може призвести та призводить до раптових відмов блоків РЕТ і негативних наслідків, пов'язаних з ними. Це суперечить вимогам до показників надійності РЕТ, які останнім часом стають більш жорсткими. виправити таку ситуацію можна, якщо при розробці діагностичного забезпечення РЕТ буде створена інтелектуальна система, яка під час обробки діагно-

стичної інформації, отриманої за допомогою будь-яких із зазначених методів, на основі значень діагностичних параметрів буде в реальному часі визначати наробіток на відмову радіоелектронних компонентів ТЕЗ.

### Основна частина

У даній статті буде представлена методика розробки діагностичного забезпечення радіоелектронної техніки для енергостатичного методу [2; 6] діагностування з використанням інформаційних технологій.

Діагностичним параметром при використанні енергостатичного методу діагностування є напруга, виміряна у сталому режимі на додатковому опорі, який примусово включений до шини живлення типового елемента заміни. Оскільки на кожному виході інтегральної схеми в сталому режимі формується сигнал певного рівня, логічної “1” –  $U^1$  або логічного “0” –  $U^0$ , при несправності будь-якого з радіоелектронних компонентів ТЕЗ його логічні елементи перестають перемикатися, внаслідок чого змінюються рівні сигналів як на виході ТЕЗ, так і на додатковому опорі, який представляється єдиною контрольною точкою всього ТЕЗ. Це означає виконання умови транспортування дефекту у контрольну точку.

Застосування даного методу діагностування на першому рівні системи технічного обслуговування і ремонту РЕТ дозволяє проводити пошук несправного ТЕЗ на місці знаходження об'єкта РЕТ, що виключає необхідність транспортування всієї групи

(5–20 штук) ТЕЗ, визначеної за допомогою вбудованої системи контролю об'єкта РЕТ, на другий рівень системи технічного обслуговування і ремонту. Це значно зменшує фінансові витрати на проведення діагностування та ремонту, скорочує середній час відновлення, збільшує коефіцієнт готовності об'єкту

як основну характеристику надійності, а також дозволяє підвищити укомплектованість комплексу запасних інструментів і приладдя.

Структурна схема уніфікованого ремонтного модуля для контролю технічного стану цифрових ТЕЗ [6] представлена на рис. 1.

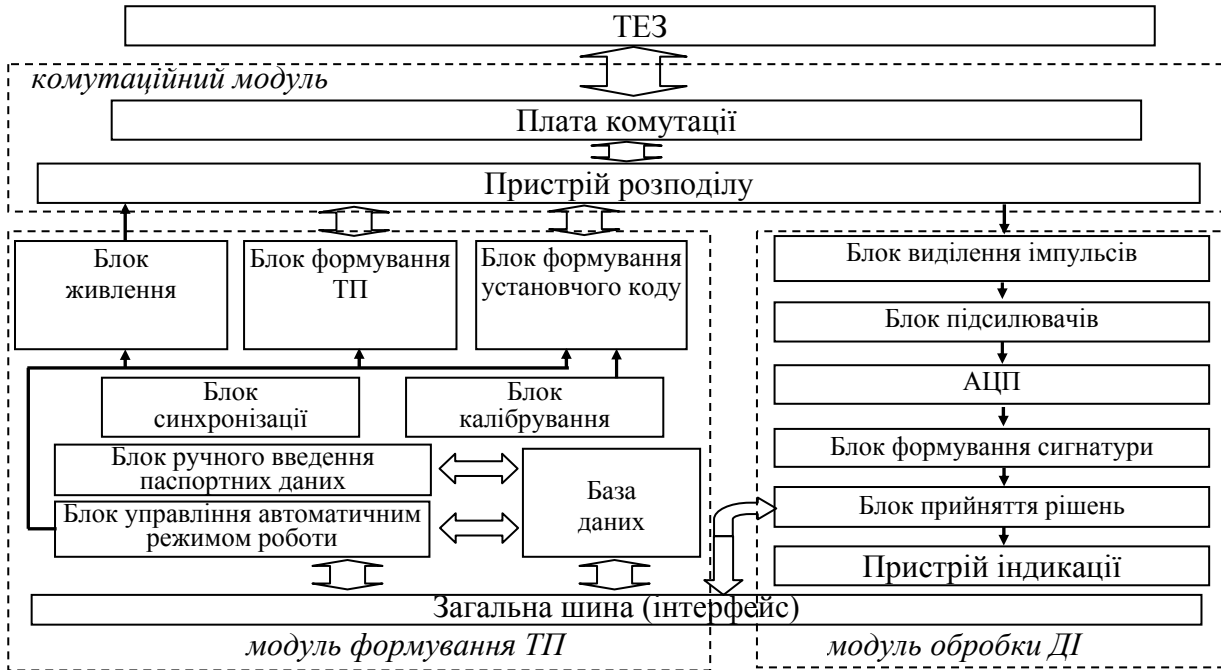


Рис. 1. Структурна схема уніфікованого ремонтного модуля

Проводити обробку діагностичної інформації було запропоновано за допомогою модуля обробки діагностичної інформації, при цьому рішення про справний технічний стан ТЕЗ приймалося на основі значень діагностичного параметру – напруги у шині живлення ТЕЗ, які знаходились в межах заданого “коридору” – мінімального та максимального значень. Задані таким чином межі діагностичного параметру негативно впливають на точність оцінки технічного стану у період роботи до відмови, що може призвести та призводить до раптових відмов

об'єктів РЕТ, а також утруднює прогнозування їх технічного стану.

За результатами випробувань та статистичної обробки у роботах [7–8] було представлено динаміку зміни діагностичного параметру – вихідного струму напівпровідникової інтегральної схеми та підтверджено запропоновані діагностичні моделі радіоелектронних компонентів, які враховують фізико-хімічні процеси у напівпровіднику і представлений графік (рис. 2).

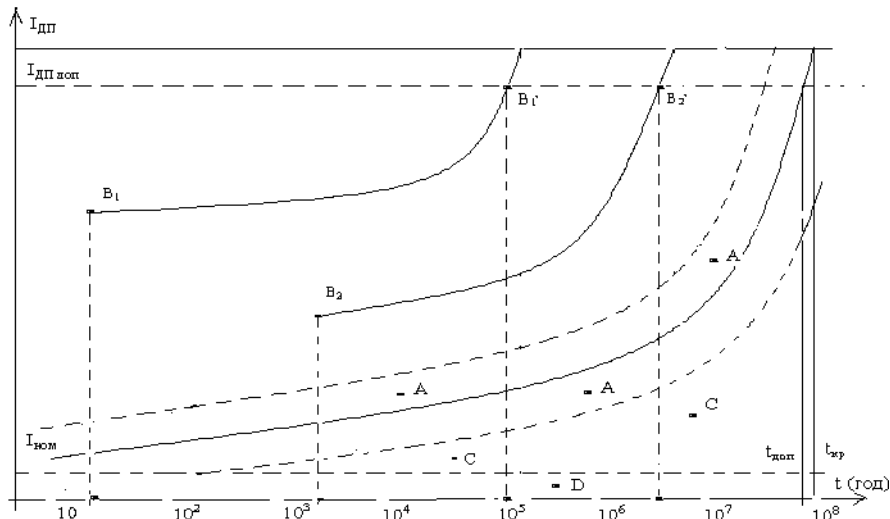


Рис. 2. Закономірність зміни діагностичного параметру (наближена)

Розглянемо побудову модуля обробки діагностичної інформації (інтелектуальної системи). Діагностична інформація, отримана за допомогою енергостатичного методу діагностування, надходить на модуль обробки. Для покращення основних характеристик надійності, а саме збільшення коефіцієнта готовності об'єкту РЕТ необхідно, щоб до складу модуля обробки діагностичної інформації була включена база даних, в яку будуть записані еталони (тестові впливи, еталонні реакції, діагностичні моделі, розраховані з урахуванням залежності рис. 2) [9–12], а також база знань, до якої після проведення діагностування ТЕЗ будуть записуватись отримані під час експлуатації значення діагностичного параметру (напруги на додатковому опорі, включеному в

шину живлення), і вилучатись з неї з метою порівняння значень діагностичного параметру з еталонними. На основі порівняння цих значень інтелектуальна система буде приймати рішення про технічний стан ТЕЗ. Крім того, записані до бази знань отримані значення діагностичного параметру дозволять системі побудувати графік залежності цих значень від наробітку на відмову, що дозволить з заданою достовірністю прогнозувати технічний стан будь-якого ТЕЗ.

Інтерфейс необхідний користувачу для управління та візуального спостереження діагностичної інформації.

На рис. 3 представлена структурна схема модуля обробки діагностичної інформації.

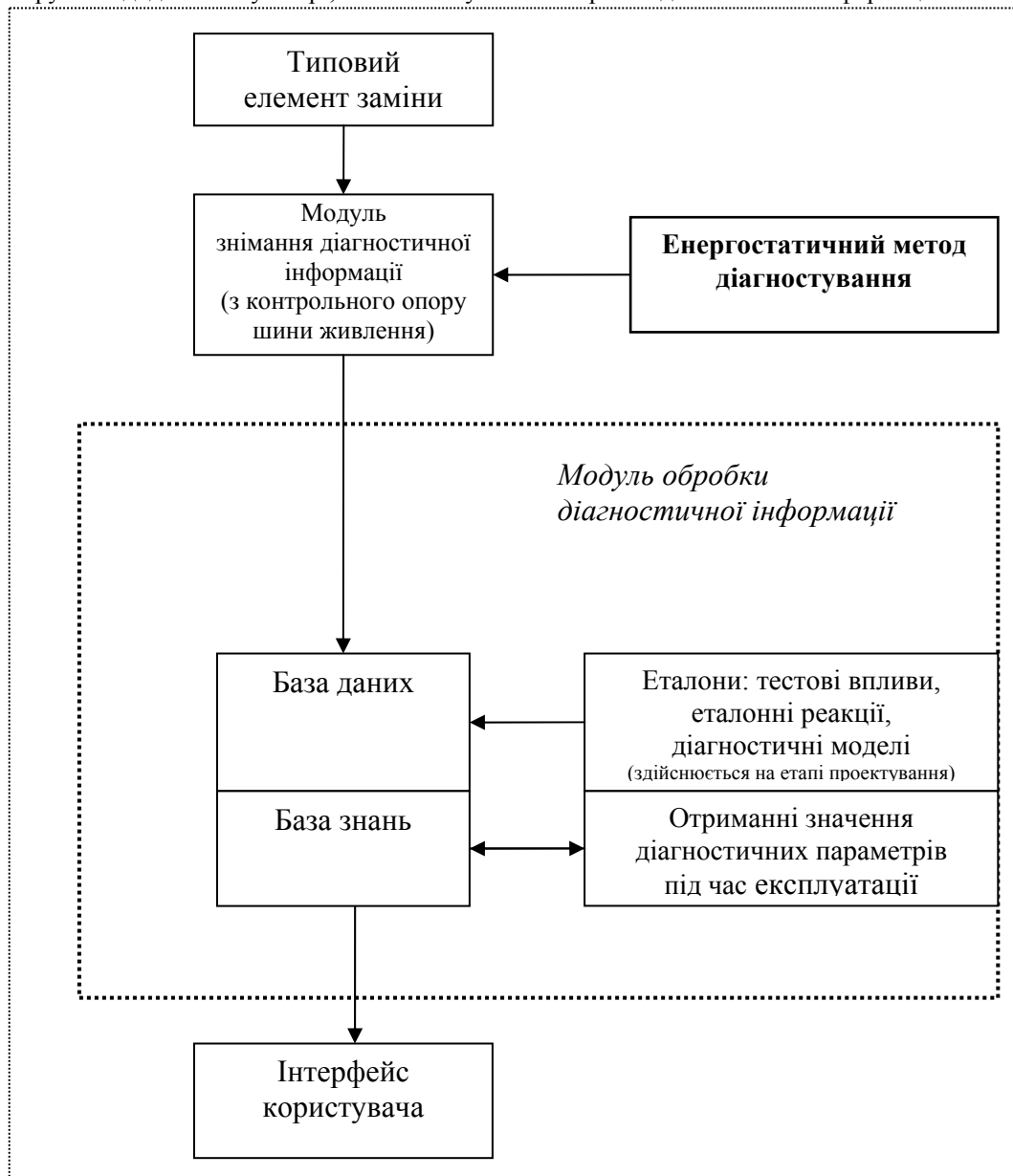


Рис. 3. Структурна схема модуля обробки діагностичної інформації

З рис. 3 видно, що методику розробки діагностичного забезпечення радіоелектронної техніки на основі енергостатичного методу діагностування з

використанням інформаційних технологій доцільно представити у вигляді двох етапів:

**Етап проектування.** Здійснюється при проектуванні та виробництві РЕТ і складається з трьох кроків:

1. Розробка діагностичної моделі ТЕЗ.
2. Розробка перевірного тесту.
3. Визначення еталонних реакцій з використанням діагностичної моделі ТЕЗ як відгуку ТЕЗ на перевірений тест.

На першому етапі створюється діагностичний формуляр ТЕЗ, який містить тип ТЕЗ, а також параметри, необхідні для проведення діагностування.

**Етап експлуатації.** Здійснюється під час експлуатації РЕТ за результатами роботи етапу проектування.

Результатом другого етапу і всієї методики в цілому є визначення технічного стану цифрового ТЕЗ, що діагностується.

1. Визначення умов діагностування.
2. Визначення енергостатичним методом значень діагностичного параметру.
3. Збір та зберігання значень діагностичного параметру ТЕЗ.
4. Порівняння отриманих значень діагностичного параметру з еталонними.
5. Прийняття рішення про технічний стан ТЕЗ (у випадку несправного ТЕЗ його заміна і локалізація дефекту).

6. Визначення остаточного часу безвідмовної роботи ТЕЗ і прогнозування часу напрацювання на відмову.

## Висновки

У статті представлена методика, яку доцільно використовувати для обробки діагностичної інформації, отриманої за допомогою енергостатичного методу діагностування типових елементів заміни радіоелектронної техніки. Рішення щодо використання інтелектуальної системи для обробки цієї інформації є новим. Інтелектуальна система, порівнюючи отримані значення діагностичного параметру з еталонними (заводськими), дозволить з заданою точністю визначити наробіток до відмови типових елементів заміни. Своєчасність заміни типових елементів заміни з критичними характеристиками дозволить уникнути раптових відмов об'єктів радіоелектронної техніки, що призведе до зменшення середнього часу відновлення та збільшення коефіцієнту готовності як основної характеристики надійності.

Завдяки впровадженню інтелектуальної системи для діагностування типових елементів заміни стане можливим визначення технічних характеристик об'єктів радіоелектронної техніки у реальному часі при мінімальних часових витратах.

## Список літератури

1. Діагностування аналогових і цифрових пристроїв радіоелектронної техніки: моногр./ В.В. Вишнівський, М.К. Жердев, С.В. Ленков, В.А. Проценко; під ред. М.К. Жердева, С.В. Ленкова. – К.: ТОВ «Компанія ЛПК», 2009. – 224 с.
2. Жиров Г.Б. Узагальнена діагностична модель цифрової ВІС для енергостатичного методу діагностування / Г.Б. Жиров // Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. – Сер. Військово-спеціальні науки. – К.: Київ. ун-т, 2005. – Вип. 11. – С. 54-60.
3. Глухов С.І. Діагностування цифрових радіоелектронних компонентів типових елементів заміни радіоелектронної техніки з використанням електромагнітного методу у військових ремонтних органах / С.І. Глухов // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К., 2009. – № 21. – С. 42-45.
4. Глухов С.І. Аналіз існуючих методів діагностування типових елементів заміни радіоелектронних засобів озброєння та обґрунтування необхідності використання інформаційних технологій при їх застосуванні / С.І. Глухов // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К., 2016. – № 51. – С. 12-19.
5. Шевченко В.В. Визначення технічного стану цифрових типових елементів заміни за допомогою електромагнітного методу діагностування ISSN 2311-7249 (Print) / ISSN 2410-7336 (Online) Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. – Київ, 2015. – № 1 (22). – С. 136-139.
6. Жердев М.К. Контроль технічного стану цифрових пристроїв енергостатичним методом / М.К. Жердев, В.В. Вишнівський, Г.Б. Жиров // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ». – К.: ВІТІ НТУУ «КПІ», 2005. – №1. – С. 51-57.
7. Жердев М.К. Узагальнення результатів форсованих випробувань радіоелектронних компонентів / М.К. Жердев, В.В. Кузавков, С.І. Глухов // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К., 2015. – № 49. – С. 40-48.
8. Вишнівський В.В. Аналіз методів форсованих випробувань для отримання залежності зміни діагностичного параметра від часу напрацювання напівпровідникових РЕК / В.В. Вишнівський, В.В. Василенко, В.В. Кузавков // Системи управління, навігації та зв'язку. – П.: ПНТУ, 2015. – Вип. 1(33). – С. 18-21.
9. Вишнівський В.В. Проблема побудови автоматизованих систем технічного діагностування інформаційних систем / В.В. Вишнівський // Защита информации: сборник научных трудов. – К.: НАУ, 2016. – Вып. 23. – С. 165-176.
10. Шкуліпа П.А. Алгоритм побудови тестів для автономних автоматизованих систем діагностування радіоелектронних пристроїв / П.А. Шкуліпа // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький, 2013. – № 1. – С. 140-144.
11. Жердев М.К. Побудова функціональних перевіряючих тестів для енергодинамічного та електромагнітного методів діагностування / М.К. Жердев, С.В. Ленков, П.А. Шкуліпа // Системи обробки інформації. – Харків: ХУПС, 2013. – №1(108). – С. 49-52.

12. Алгоритм побудови тестів діагностування об'єктів радіоелектронної техніки для енергодинамічного і електромагнітного методів / П.А. Шкуліпа, С.В. Ленков, О.В. Селюков, М.М. Охрамович // Вестник научных трудов Восточноукраинского национального университета им. В. Даля. – Луганск, 2012. – № 12(183). – Ч.2. – С. 201-208.

## References

1. Vyshnivs'kyj, V.V., Zherdjiev, M.K., Ljenkov, S.V. and Procenko, V.A. (2009), "Diagnostuvannja analogovyh i cyfrovyh prystroi'v radioelektronnoi' tehniky" [Diagnosis of analog and digital devices of electronic equipment], Kompanija LIK Publ., Kyiv, 224 p.
2. Zhyrov, G.B. (2005), "Uzahal'na diahnostychna model' tsyfrovoy VIS dlia enerhostatychnoho metodu diahnostuvannja" [A generalized diagnostic model of a digital WSI for an energetic diagnostic method], *Visnyk KNU imeni Tarasa Shevchenka, Vijs'kovo-spetzial'ni nauky*, No. 11, Kyiv, pp. 54-60.
3. Hlukhov, S.I. (2009), "Diahnostuvannja tsyfrovyykh radioelektronnykh komponentiv typovykh elementiv zaminy radioelektronnoi' tehniky z vykorystanniam elektromahnitnoho metodu u vijs'kovyykh remontnykh orhanakh" [Diagnosticating of digital radio electronic components of typical elements of replacement of radio electronic technique is with the use of electromagnetic method in soldiery repair organs], *Zbirnyk naukovykh prats' Vijs'kovoho instytutu Kyivs'koho natsional'noho universytetu imeni Tarasa Shevchenka*, No. 21, Kyiv, pp. 42-45.
4. Hlukhov, S.I. (2016), "Analiz isnuuychykh metodiv diahnostuvannja typovykh elementiv zaminy radioelektronnykh zasobiv ozbroiennja ta obhruntuvannja neobkhidnosti vykorystannja informatsijnykh tekhnolohij pry ikh zastosuvanni" [Analysis of existing methods for diagnosing line replaceable units of radio-electronic weapons and the rationale for the use of information technology in their application], *Zbirnyk naukovykh prats' Vijs'kovoho instytutu Kyivs'koho natsional'noho universytetu imeni Tarasa Shevchenka*, No. 51, Kyiv, pp. 12-19.
5. Shevchenko, V.V. (2015), "Vyznachennja tekhnichnoho stanu tsyfrovyykh typovykh elementiv zaminy za dopomohoiu elektromahnitnoho metodu diahnostuvannja" [Determination of the technical state of digital typical elements of replacement is by means of electromagnetic method of diagnosticating], ISSN 2410-7336 (Online), *Suchasni informatsijni tekhnolohii u sferi bezpeky ta oborony*, No. 1 (22), Kyiv, pp. 136-139.
6. Zherdjiev, M.K., Vyshnivs'kyj, V.V. and Zhyrov, G.B. (2005), "Kontrol' tehnicnoho stanu cyfrovyykh prystroi'v energostatychnym metodom" [Control of the technical condition of digital devices by the energy-static method], *Zbirnyk naukovykh prac' VIII NTUU "KPP"*, No. 1, VITI NTUU "KPI", Kyiv, pp. 51-57.
7. Zherdjiev, M.K., Kuzavkov, V.V. and Hlukhov, S.I. (2015), "Uzahal'nennja rezul'tativ forsovanykh vyprobuvan' radioelektronnykh komponentiv" [Summary of results of the forced test of radio-electronic components], *Zbirnyk naukovykh prats' Vijs'kovoho instytutu Kyivs'koho natsional'noho universytetu imeni Tarasa Shevchenka*, No. 49, Kyiv, pp. 40-48.
8. Vyshnivs'kyj, V.V., Vasylenko, V.V. and Kuzavkov, V.V. (2015), "Analiz metodiv forsovanykh vyprobuvan' dlia otrymannja zalezhnosti zminy diahnostychnoho parametra vid chasu napratsiuвання napivprovodnykovykh REK" [An analysis of methods of the forced tests is for the receipt of dependence of change of diagnostic parameter from time of work of semiconductor REK], *Systemy upravlinnja, navihatsii ta zv'iazku*, Vol. 1(33), PNTU, Poltava, pp. 18-21.
9. Vyshnivs'kyj, V.V. (2016), "Problema pobudovy avtomatyzovanykh system tehnicnoho diahnostuvannja informacijnykh system" [The problem of building automated systems for technical diagnostics of information systems], *Zashhyta ynformacyi; sbornyk nauchnykh trudov*, Vol. 23, NAU, Kyiv, pp. 165-176.
10. Shkulipa, P.A. (2013), "Algorytm pobudovy testiv dlja avtonomnykh avtomatyzovanykh system diahnostuvannja radioelektronnykh prystroi'v" [Algorithm for constructing tests for autonomous automated systems for diagnosing radio electronic devices], *Visnyk Hmel'nyc'kogo nacional'noho universytetu. Tehnicni nauky*, No. 1, Hmel'nyc'kyj, pp. 140-144.
11. Zherdjiev, M.K., Ljenkov, S.V. and Shkulipa, P.A. (2013), "Pobudova funkcional'nykh perevirjajuchykh testiv dlja energodynamichnoho ta elektromahnitnoho metodiv diahnostuvannja" [Construction of functional checking tests for energy dynamical and electromagnetic methods of diagnostics], *Information Processing Systems*, No. 1(108), Kharkiv, pp. 49-52.
12. Shkulipa, P.A., Ljenkov, S.V., Sjeljukov, O.V. and Ohrumovych, M.M. (2012), "Algorytm pobudovy testiv diahnostuvannja ob'ektiv radioelektronnoi' tehniky dlja energodynamichnoho i elektromahnitnoho metodiv" [The algorithm for constructing objects diagnostics tests for radio-electronic equipment and electromagnetic methods], *Vestnyk nauchnykh trudov Vostochnoukraynskogo natsional'noho unyversyteta im. V. Dalja*, No. 12(183), Part 2, Lugansk, pp. 201-204.

Надійшла до редколегії 1.11.2017

Схвалена до друку 7.12.2017

### Відомості про авторів:

#### Ленков Сергій Васильович

доктор технічних наук професор  
Головний науковий співробітник науково-дослідного  
центру Військового інституту Київського національного  
університету імені Тараса Шевченка,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-7689-239X>  
e-mail: lenkov\_s@ukr.net

#### Жердєв Микола Костянтинівич

доктор технічних наук професор  
провідний науковий співробітник  
Військового інституту телекомунікацій та інформатизації,  
Київ, Україна

### Information about the authors:

#### Sergey Lenkov

Doctor of Technical Sciences Professor  
Chief Researcher Head of Research Center  
of Military Institute  
of Taras Shevchenko National University,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-7689-239X>  
e-mail: lenkov\_s@ukr.net

#### Nikolay Zherdiv

Doctor of Technical Sciences Professor  
Leading Researcher of the Military Institute  
of Telecommunications and Informatization  
Kyiv, Ukraine

**Толок Ігор Вікторович**

кандидат педагогічних наук  
начальник Військового інституту Київського  
національного університету імені Тараса Шевченка,  
Київ, Україна  
<https://orcid.org/0000-0001-6309-9608>  
e-mail: igortolok@72gmail.com

**Igor Tolok**

Candidate of pedagogical sciences  
Head of the Military Institute of Taras Shevchenko  
Kyiv National University,  
Kyiv, Ukraine  
<https://orcid.org/0000-0001-6309-9608>  
e-mail: igortolok@72gmail.com

**Глухов Сергій Іванович**

кандидат технічних наук доцент  
завідувач кафедри факультету післядипломної освіти  
Військового інституту Київського національного  
університету імені Тараса Шевченка?  
Київ, Україна  
e-mail: Zitrus2045@ukr.net

**Sergey Glukhov**

Candidate of Technical Sciences Associate Professor  
Head of the Department of the Faculty of Postgraduate  
Education of the Military Institute of Taras Shevchenko  
Kyiv National University,  
Kyiv, Ukraine,  
e-mail: Zitrus2045@ukr.net

**Жиров Геннадій Борисович**

кандидат технічних наук старший науковий співробітник  
науково-дослідного центру  
Військового інституту Київського національного  
університету імені Тараса Шевченка,  
Київ, Україна,  
<https://orcid.org/0000-0001-7648-7992>  
e-mail: genna-g@ulr.net

**Genadiy Zhyrov**

Candidate of Technical Sciences  
Senior Research Associate  
of Research Center of Military Institute  
of Taras Shevchenko Kyiv National University,  
Kyiv, Ukraine,  
<https://orcid.org/0000-0001-7648-7992>  
e-mail: genna-g@ulr.net

**МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ ЭНЕРГОСТАТИЧЕСКОГО МЕТОДА  
ДИАГНОСТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

С.В. Ленков, Н.К. Жердев, И.В. Толок, С.И. Глухов, Г.Б. Жиров

*Несмотря на большую значимость современных методов диагностирования радиоэлектронной техники, при использовании любого из них в процессе обработки диагностической информации не учитывается время наработки до отказа. Определенные минимальная и максимальная границы диагностического параметра негативно влияют на точность оценки технического состояния в период работы, что может привести и приводит к внезапным отказам объектов радиоэлектронной техники. Разработанная в статье методика для энергостатического процесса учитывает зависимость значения напряжения в контрольной точке как диагностического параметра от наработки до отказа при обработке диагностической информации с использованием информационных технологий, а ее применение позволит точнее определять значение диагностического параметра, а также прогнозировать с заданной достоверностью время отказа и заранее определять радиоэлектронный компонент с критическими характеристиками.*

**Ключевые слова:** диагностический параметр, радиоэлектронный компонент, информационные технологии, энергостатический метод диагностирования.

**DEVELOPMENT METHODOLOGY FOR ELECTRONICS DIAGNOSTICS  
BASED ON ENERGY-STATIC DIAGNOSTIC METHOD USING INFORMATION TECHNOLOGY**

S. Lenkov, N. Zherdiv, I. Tolok, S. Glukhov, G. Zhyrov

*Irrespective of the great significance of modern diagnostic methods of electronics, they do not address the mean time between failures when processing diagnostic information. The defined minimum and maximum limits of diagnostic parameters affect the accuracy of the evaluation of technical condition during the time-to-failure. This may result in sudden failures of electronics units. The method developed for energy-static process takes into account the dependency of voltage value at the control point as a diagnostic parameter on the mean time between failures when processing diagnostic information with information technology. Using information technology shall allow to determine the value of diagnostic parameter more accurately, and predict the mean time between failures with a given reliability, as well as to identify electronics component with critical characteristics in advance.*

**Keywords:** diagnostic parameter, electronics component, information technology, energy-static diagnostic method.