



С. І. Глухов



Л. М. Сакович



М. Ю. Яковлев



А. О. Гальоса

## РОЗРОБКА ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ РАДІОЕЛЕКТРОННОЇ ТЕХНІКИ НА ОСНОВІ ФІЗИЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ

У статті подано техніко-економічне обґрунтування впровадження автоматизованої системи технічної діагностики радіоелектронної техніки на основі фізичного діагностування, у якому використано енергодинамічний, енергостатичний та електромагнітний методи.

Запропонована комплексія зазначених методів підвищує ймовірність діагнозу технічного стану, що особливо важливо для діагностування об'єктів критичної інфраструктури.

**К л ю ч о в і с л о в а:** радіоелектронна техніка, цифрові пристрої, радіоелектронні компоненти, технічний стан, прогнозування, інтелектуальна система діагностування.

**Постановка проблеми.** Велику кількість об'єктів радіоелектронної техніки (РЕТ), що сьогодні експлуатуються в Україні, було виготовлено на елементній базі третього та четвертого поколінь у 80–90 роки минулого століття на підприємствах, які знаходяться на території інших держав. Незважаючи на стрімкий розвиток елементної бази, оновлення парку РЕТ здійснюється повільно з природних та економічних причин, що обумовило прийняття рішень на продовження термінів їх експлуатації, які в основному складають 10–15 років. У таких умовах виконання постійно зростаючих вимог до показників надійності РЕТ за існуючої системи технічного обслуговування і ремонту (СТОіР) ускладнюється через недосконалість та непристосованість діагностичного забезпечення, яке складають методи та засоби діагностування, документація та обслуговуючий персонал.

Діагностування блоків об'єктів РЕТ, якими є цифрові пристрої (ЦП), проводиться з використанням методів функціонального та тестового діагностування. Обробка діагностичної інформації (ДІ), отриманої з виходів ЦП, проводиться з використанням методів сигнатурного аналізу на основі порівняння отриманих сигнатур з еталонними. У випадку їх збігу формулюється висновок про справний технічний стан (ТС), а через непередбачуваний час після проведення діагностування ЦП може вийти (виходить) зі строю. Крім того, використання зазначених методів діагностування ускладнює прогнозування ТС та визначення залишкового ресурсу. Це обумовило пошук нових методів діагностування, яким притаманна висока ймовірність, а також проведення форсованих випробувань радіоелектронних компонентів (РЕК) на надійність, що в комплексі надасть можливість визначення реального ТС та його прогнозування.

Задачі вибору методів діагностування залежно від імовірності, яка вимагається, управління процесами діагностування, отримання, збирання, зберігання ДІ, коригування залежностей діагностичного параметра (ДП) від часу, отриманих у ході діагностування, розрахунку інтервалів проведення діагностування, прогнозування ТС, визначення залишкового ресурсу пропонується проводити з використанням інтелектуальної системи діагностування (ІСД) як елемента нової автоматизованої системи технічної діагностики (АСТД), техніко-економічне обґрунтування побудови якої подано у даній статті.

**Метою статті** є техніко-економічне обґрунтування впровадження АСТД радіоелектронної техніки на основі фізичного діагностування.

**Виклад основного матеріалу.** Розглянемо недоліки існуючої СТОіР, яка зображена на рисунку 1. Можливості першого рівня СТОіР для проведення діагностування обмежені і полягають у визначенні вбудованою системою контролю групи ЦП, серед яких 1-2 є дійсно несправними, а решта справними.

У працях [1–4] було запропоноване оснащення даного рівня СТОiP пристроями діагностування, проте, комплектація ними здійснюється повільно з об’єктивних причин. Тому в переважній більшості випадків, як і раніше, група ЦП відправляється на другий рівень СТОiP, який оснащений пристроями для проведення тестового діагностування. Відновлення стану об’єкта РЕТ здійснюється силами обслуговуючого персоналу агрегатним методом з використанням одиночного ЗІП об’єкта. При цьому ЦП, які визначені справними, повертаються з другого рівня на перший для поповнення ЗІП, а несправні відправляються на третій рівень СТОiP, якими є підприємства промисловості, де здійснюється відновлення їх працездатності, після чого вони повертаються на перший рівень СТОiP.

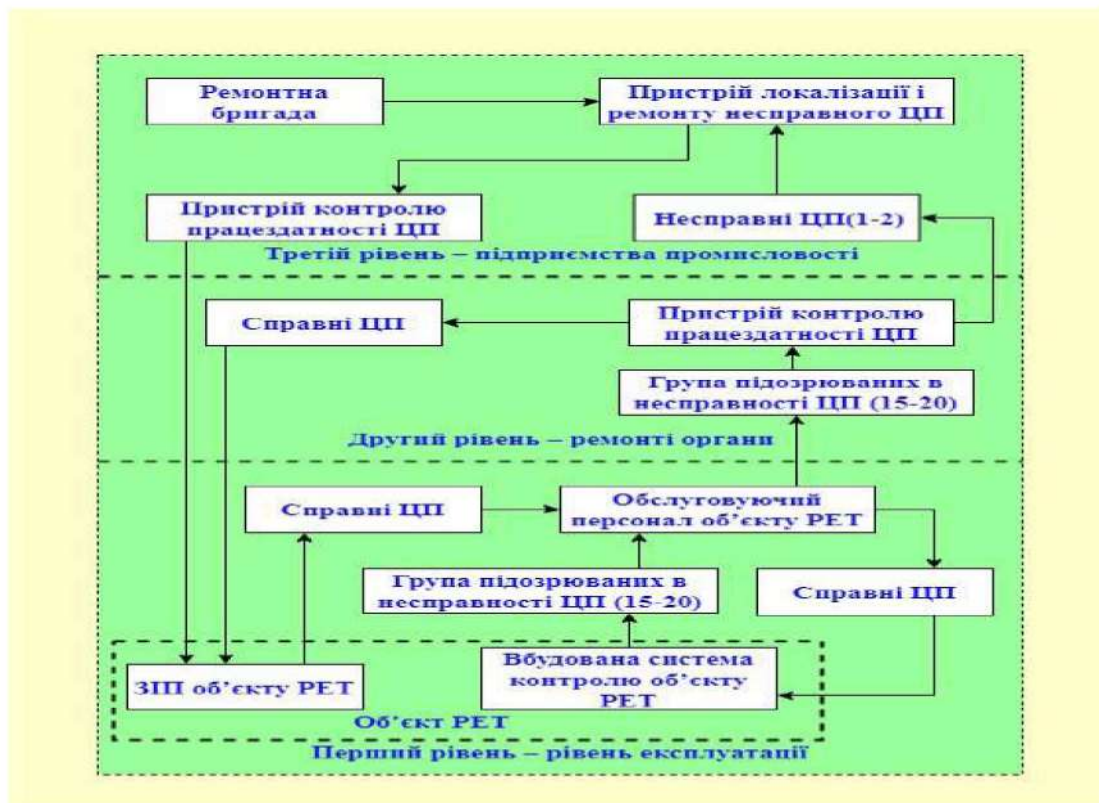


Рис. 1. Існуюча система технічного обслуговування і ремонту об’єктів радіоелектронної техніки

Великі відстані між рівнями СТОiP обумовлюють значні витрати часу на зазначені переміщення ЦП, при цьому тривалий час комплект ЗІП об’єкта неповністю укомплектований, що призводить до збільшення середнього часу відновлення і, як наслідок, до зменшення коефіцієнта готовності  $K_r$  об’єктів РЕТ, який визначається за формулою

$$K_r = \frac{T_o}{T_o + T_b},$$

де  $T_o$  – середнє напрацювання на відмову;  
 $T_b$  – середній час відновлення.

$$T_b = P_d(X_o)(T_{до} + T_3) + [1 - P_d(X_o)](T_{дс} + T_3) [5],$$

де  $P_d(X_o)$  – імовірність достатності одиночного ЗІП;

$T_{до}$ ,  $T_3$  – відповідно середній час доставки запасного ЦП із ЗІП-О і середній час заміни ЦП, який відмовив;

$T_{дс}$  – середній час доставки запасного ЦП зі складу частини (при цьому  $T_{дс} \gg T_{до}$ ).

Решту недоліків викладемо у такій послідовності:

- 1) відсутність універсального методу для визначення ТС різних типів пристроїв;
- 2) невідповідність можливостей існуючих засобів діагностування сучасним вимогам;
- 3) недостатні розроблення і реалізація нових ефективних методів, алгоритмів і засобів автоматизованого і автоматичного контролю;
- 4) недостатня глибина діагностування (на рівні блока або пристрою);
- 5) неможливість визначення реального технічного стану ЦП через наявність прихованих дефектів (деградаційні процеси);
- 6) неможливість визначення напрацювання на відмову з високою ймовірністю;
- 7) неможливість прогнозування ТС з високою ймовірністю;
- 8) неможливість визначення залишкового ресурсу безвідмовної роботи ЦП з високою ймовірністю.

Більшість недоліків існуючої СТОіР, що наведені нижче, обумовлені відсутністю на першому її рівні засобів необхідної глибини діагностування, які дозволили б на ранніх стадіях визначати елементи з критичними характеристиками та проводити їх своєчасну заміну:

- 1) неможливість визначення прихованих дефектів;
- 2) недостатня глибина пошуку дефекту;
- 3) визначення технічного стану ЦП з недостатньою ймовірністю;
- 4) неможливість визначення залишкового ресурсу безвідмовної роботи ЦП;
- 5) велика трудомісткість пошуку дефектів;
- 6) велика кількість параметрів об'єктів РЕТ, які підлягають контролю, та контрольних точок, а також велика кількість вимірювальних пристроїв, що використовуються для діагностування;
- 7) можливість визначати ТС об'єктів РЕТ з точністю до 5–15 ЦП.

У працях [1–4] запропоноване фізичне діагностування, основу якого складають енергодинамічний, енергостатичний та електромагнітний методи. Застосування кожного з них дозволяє отримати ДП, на основі порівняння якого з еталонним визначається ТС. Як еталонні у статті [6] наведені залежності ДП, отримані при проведенні форсованих випробувань РЕК на надійність. Застосування методів фізичного діагностування з результатами форсованих випробувань РЕК на надійність, порівнюючи з методами функціонального діагностування, дозволяє:

- 1) визначати реальний технічний стан ЦП;
- 2) визначати РЕК, характеристики яких наближуються до критичних;
- 3) визначати напрацювання на відмову ЦП;
- 4) прогнозувати технічний стан ЦП блоків РЕТ;
- 5) визначати залишковий ресурс безвідмовної роботи ЦП;
- 6) виконувати знеособлюваний ремонт.

З огляду на недоліки існуючої СТОіР, а також на переваги розроблених методів фізичного діагностування, з урахуванням результатів форсованих випробувань РЕК на надійність, склалися умови для побудови АСТД, що задовольнятиме сучасні вимоги до системи технічного діагностування, які полягають у такому:

- 1) забезпечення постійної готовності об'єктів РЕТ до використання за призначенням;
- 2) зниження вартості відновлення об'єктів РЕТ;
- 3) забезпечення діагностування широкої номенклатури ЦП із заданою ймовірністю та глибиною;
- 4) автоматичний режим роботи засобів діагностування;
- 5) адаптивність під нові типи ЦП;
- 6) визначення реального ТС;
- 7) прогнозування стану РЕТ з високою ймовірністю;
- 8) локалізація дефектних інтегральних мікросхем;
- 9) визначення залишкового ресурсу безвідмовної роботи ЦП;
- 10) збільшення середнього напрацювання на відмову;
- 11) зменшення середнього часу відновлення.

Забезпечення зазначених вимог при побудові АСТД [7, 8] стає можливим завдяки:

- наявності кіл живлення та корпусної шини у будь-якому ЦП, що забезпечує знімання ДП;
- можливості використання від одного до трьох методів діагностування або їх комбінацій – комплексції енергодинамічного, енергостатичного та електромагнітного методів діагностування з метою підвищення ймовірності, графік якої залежно від кількості методів, що застосовуються,

зображений на рисунку 2;

- мінімальної кількості відносно простого обладнання, яке застосовується для знімання ДІ;
- розвитку елементної бази, що сприяє створенню ІСД, яка дозволить здійснювати функції технічної діагностики в реальному часі;
- мінімальному втручанню персоналу у процес отримання ДІ, при цьому ІСД здійснює процес обробки ДІ та управляє ним;
- відносно невеликому часу діагностування та можливостями ІСД з високошвидкісної обробки ДІ.

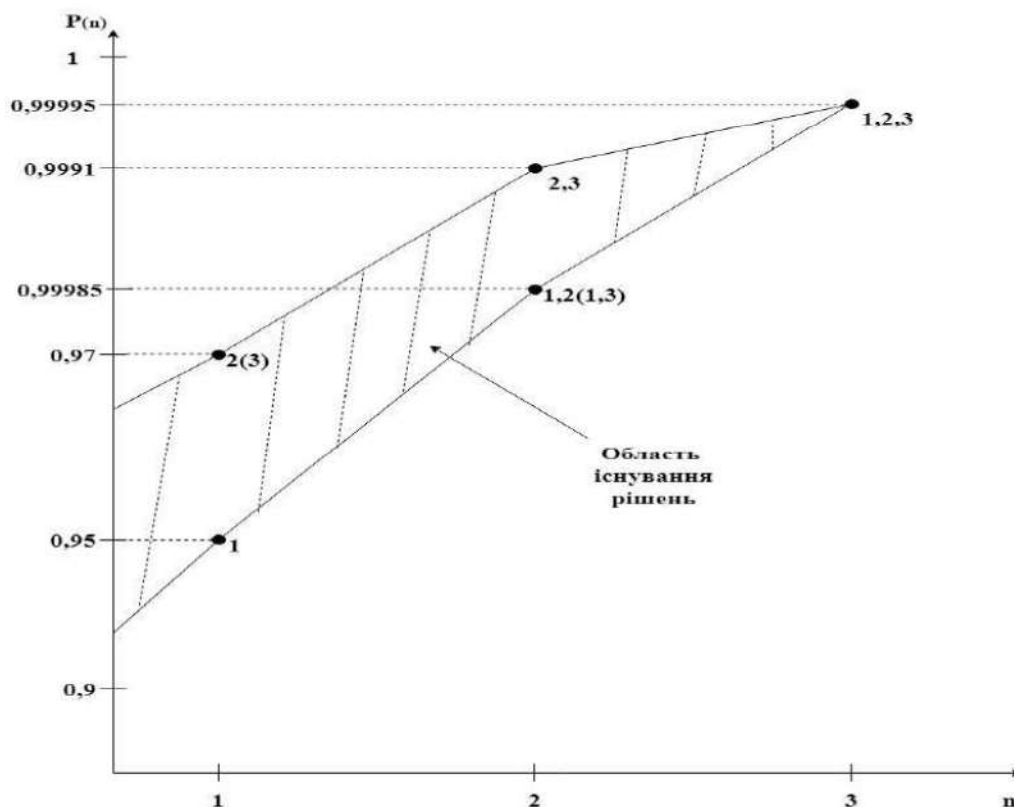


Рис. 2. Графік імовірності  $P(n)$  діагностування залежно від кількості методів  $n$  фізичного діагностування, які застосовуються

Імовірність діагностування складає:

а) для випадків окремого застосування методів [1–4]:

- енергостатичного – 0,97;
- енергодинамічного – 0,95;
- електромагнітного – 0,97;

б) для випадків комплексного застосування двох методів [9]:

- енергостатичного та енергодинамічного – 0,99985;
- енергодинамічного та електромагнітного – 0,99991;
- енергостатичного та електромагнітного – 0,99985;

в) для випадку застосування трьох методів вона дорівнює 0,99995.

Зазначене вище спрямоване на підвищення ймовірності результатів діагностування, що з погляду на зміст відповідає виконанню першої функції технічної діагностики.

Враховуючи вимоги до системи технічного діагностування та результати проведених теоретичних досліджень, розроблена структурна схема АСТД. ІСД як її елемент має враховувати, що ДІ надходить від різних джерел, це відображено схемною побудовою відповідних кіл. З огляду на таке, будуючи

АСТД та оброблюючи ДІ, виникає необхідність створення декількох діагностичних паспортів, які застосовуються. Дані паспортів мають враховувати залежність значень ДП від часу, а також допустимі значення ДП для кожного з методів діагностування, тип ЦП, тестові послідовності, відгуки (реакції) на них ЦП у різних станах, рік випуску.

На рисунку 3 зображена структурна схема отримання та обробки ДІ на основі методів фізичного діагностування з використанням ІСД.

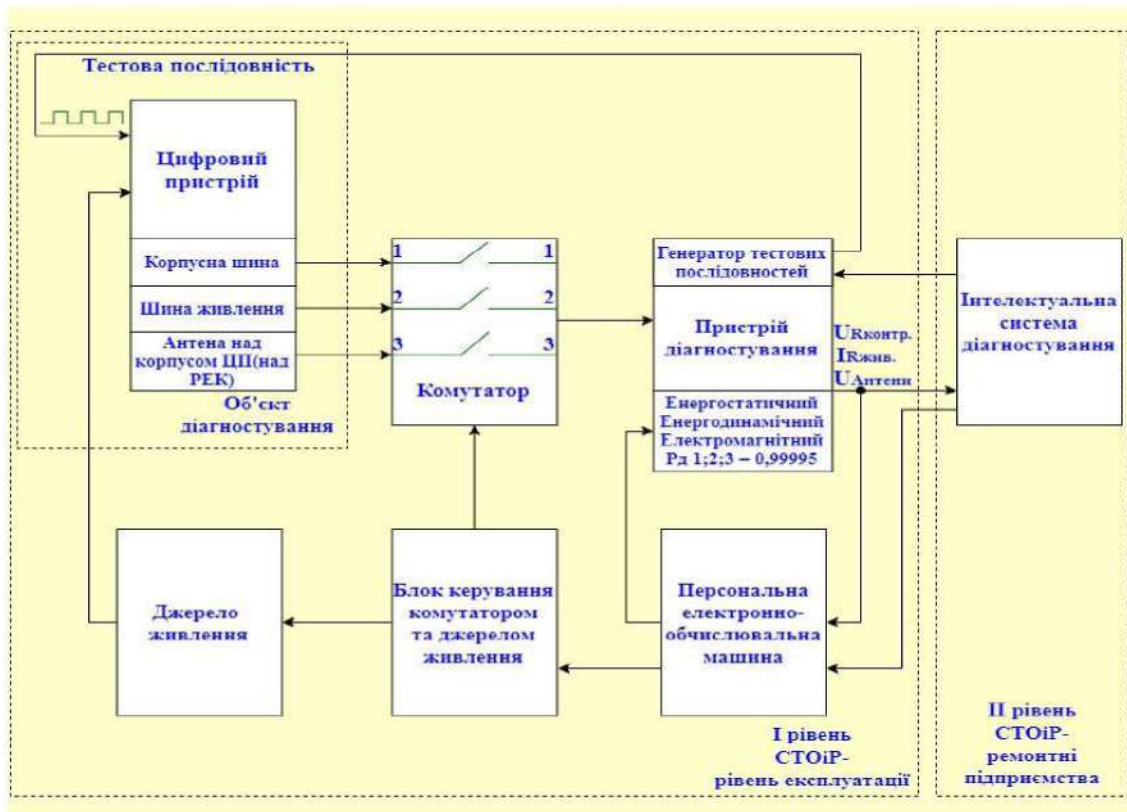


Рис. 3. Структурна схема отримання та обробки ДІ на основі методів фізичного діагностування

Порядок її роботи такий:

- 1) включення живлення;
- 2) підключення ЦП до пристрою діагностування (ПД) відповідно до методу;
- 3) подавання перевірочних тестів на вхід ЦП з виходу ГТП;
- 4) визначення значення ДП;
- 5) подавання сигналу з виходу ІСД на вхід БУК;
- 6) подавання сигналу з виходу ІСД на вхід ПД та видачу з нього тестової послідовності на вхід ЦП;
- 7) отримання ДІ та запис її у ПЕОМ;
- 8) надходження ДІ до ІСД та запис її у базу знань;
- 9) порівняння отриманої ДІ з еталонною;
- 10) визначення ТС цифрового пристрою;
- 11) прогнозування ТС;
- 12) визначення залишкового ресурсу;
- 13) визначення часу наступної перевірки.

Важливим є те, що залежно від імовірності, яка вимагається, значимості об'єкта РЕТ інтелектуальна система діагностування здійснюватиме вибір методів та відповідних засобів діагностування для його проведення.

Структурна схема АСТД має відображати об'єкти діагностування, засоби діагностування, засоби обробки ДІ, а також їх розташування відповідно до рівнів СТОіР.

На першому рівні СТОіР – експлуатації, розташовані об'єкти РЕТ, які є об'єктами діагностування, засоби (пристрої) діагностування, а також ПЕОМ. Отримання ДІ здійснюється на даному рівні СТОіР завдяки ПД, які забезпечують реалізацію методів фізичного діагностування. Крім того, на випадок виходу зі строю ЦП передбачена локалізація несправного РЕК зі складу ЦП, для чого пропонується оснащення даного рівня відповідними ПД. Ця особливість відрізняє оснащення рівня експлуатації запропонованої СТОіР від існуючої та робить її більш ефективною з погляду на витрати. Останнє пояснюється тим, що для запропонованої СТОіР стає можливим визначення несправного ЦП (РЕК) на першому рівні СТОіР, та відпадає необхідність його проведення на другому її рівні.

Другий рівень має передбачати центр обробки діагностичної інформації, основою якого є інтелектуальна система діагностування, на яку ДІ надходить з об'єктів РЕТ.

Третій рівень СТОіР являють собою підприємства промисловості, якими є заводи радіоелектронної апаратури. Між ними та центром обробки діагностичної інформації з метою обміну діагностичною та службовою інформацією пропонується організація зв'язків.

На рисунку 4 подана запропонована АСТД об'єктів РЕТ як елемент системи технічного обслуговування і ремонту.

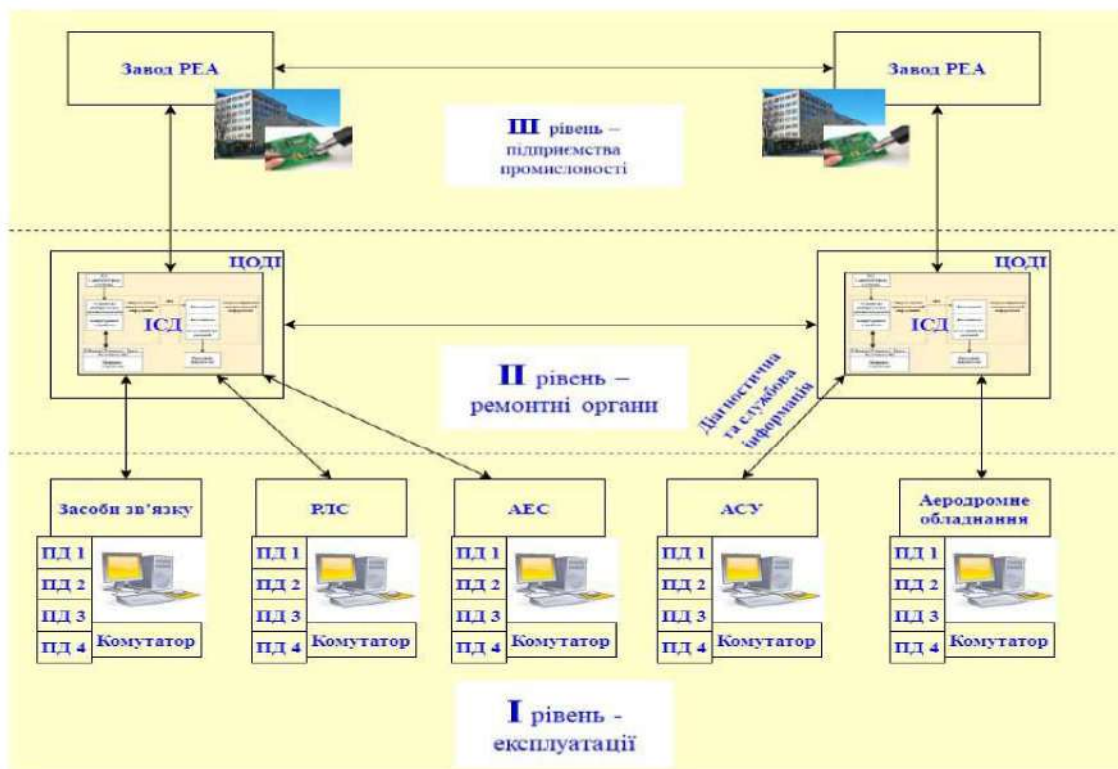


Рис. 4. Запропонована автоматизована система технічної діагностики об'єктів радіоелектронної техніки

Виконання другої функції технічної діагностики – локалізації несправних РЕК зі складу ЦП, побудованих на елементній базі третього та четвертого покоління, є актуальним не тільки з погляду на економічну доцільність. Підприємства, що випускають ЦП для РЕТ 1980–1990 років, яка експлуатується сьогодні в Україні, знаходяться на території Російської Федерації. Вартість РЕК є набагато меншою вартості ЦП (модулів), які містять дорогі метали, що зумовлює доцільність проведення їх ремонту шляхом заміни несправних РЕК.

Оснащення першого рівня ПД (рис. 4), що реалізують фізичне діагностування, та ПЕОМ, у пам'яті якої зберігаються залежності ДІ від часу для кожного ЦП, надає можливість визначення реального

технічного стану ЦП та їх залишкового ресурсу, що є неможливим на першому рівні існуючої СТОіР, для якої зазначені функції виконувались на другому її рівні. Переміщення групи ЦП, визначених вбудованою системою контролю об'єкта РЕТ як підозрювані у несправності, на другий рівень СТОіР, віддалений від першого на сотні кілометрів, вимагало значних фінансових та часових витрат. Зменшення останніх зменшуватиме середній час відновлення, а своєчасна заміна ЦП з критичними характеристиками дозволить збільшити середнє напрацювання на відмову блока, до складу якого вони входять, що підвищуватиме коефіцієнт готовності як основного показника надійності. Крім того, наслідком оснащення першого рівня СТОіР зазначеними засобами буде збільшення укомплектованості комплексу ЗІП технічно справними ЦП та створення прийнятних умов для виконання знеособлюваного ремонту, що відповідає вимогам технічної документації з ремонтпридатності.

Результати, отримані завдяки застосуванню пристроїв, які реалізують фізичне діагностування, будуть надходити для запису у ПЕОМ та базу знань ІСД, що являє собою елемент центру обробки ДІ. В результаті обробки ДІ користувач отримає відповіді на питання щодо якісних та кількісних показників об'єктів діагностування:

- 1) визначення реального ТС;
- 2) визначення часу експлуатації;
- 3) визначення часу наступної перевірки ТС;
- 4) визначення залишкового ресурсу.

Переваги запропонованої АСТД полягають у підвищенні показників надійності та ймовірності, можливостей прогнозування, що зумовлює необхідність проведення економічного обґрунтування. Зважаючи на тенденційне зменшення вартості ЕОМ та серверів, а також відносно невисоку вартість обміну інформацією з використанням тих чи інших каналів зв'язку, враховуючи "принцип поодинокі відмови" для об'єктів критичної інфраструктури, який знаходить застосування у коштовних резервованих блоках, вартість запропонованої АСТД буде відносно невисокою.

Вартість запропонованої АСТД включатиме вартість засобів діагностування, ПЕОМ, якими має бути забезпечений кожний об'єкт РЕТ, генераторного обладнання, комутаційних пристроїв, сервера, на який буде надходити ДІ від об'єкта діагностування, вартість обслуговування та ремонту, оренди каналів зв'язку або каналів зв'язку у випадку їх організації. Окремо зазначимо, що сучасні можливості дозволяють відносно недорого використовувати заздалегідь підготовлені лінії зв'язку, що набагато зменшує загальну вартість АСТД. У випадку організації тих чи інших ліній зв'язку загальна вартість АСТД збільшуватиметься.

Для розрахунку вартості запропонованої АСТД були використані значення вартостей станом на 2019 – 2020 рр.

Розрахунок вартості проводився у такій послідовності.

1. Розрахунок вартості обладнання першого рівня СТОіР.
2. Розрахунок вартості обладнання другого рівня СТОіР.
3. Розрахунок вартості обладнання третього рівня СТОіР.

До обладнання першого рівня СТОіР віднесені такі елементи, як ПД, ПЕОМ, комутатор, блок управління комутатором тощо.

До пристроїв діагностування віднесені:

- ПД-1, який реалізує енергостатичний метод діагностування;
- ПД-2, який реалізує енергодинамічний метод діагностування;
- ПД-3, який реалізує електромагнітний метод діагностування;
- ПД-4, який реалізує електромагнітний метод діагностування для локалізації несправних елементів.

До обладнання другого рівня СТОіР віднесена ІСД, яка є елементом ЦОДІ.

До обладнання третього рівня СТОіР віднесені сервери, на які ДІ надходить від ІСД.

Оснащення ПД об'єктів РЕТ може бути різним (можуть містити не всі ПД), залежно від призначення об'єкта та ймовірності діагностування, яка вимагається. Загальна вартість запропонованої АСТД залежно від значимості об'єктів РЕТ, кількості ПД, вартості ПЕОМ та комутатора, ІСД з розрахунку на 10–15 об'єктів складатиме до двох мільйонів гривень.

Як об'єкти РЕТ розглядалися радіолокаційні станції сантиметрового та метрового діапазонів. За даними науково-виробничого комплексу "Іскра" вартість сучасної радіолокаційної станції сантиметрового діапазону становить від ста десяти до ста двадцяти мільйонів гривень, а метрового –

від тридцяти мільйонів гривень. У середньому за один рік заводом виготовляється від однієї до трьох радіолокаційних станцій, тому для переоснащення потрібно близько тридцяти п'яти років.

Вартість нових ЦП, які виготовляються на даному підприємстві для радіолокаційних станцій, залежно від типу становить від шістнадцяти до шістдесяти гривень.

Середня вартість ремонту ЦП для радіолокаційної станції за даними Державного південного виробничо-технічного підприємства становить понад десять тисяч гривень, при цьому залежно від його складності мінімальна вартість становить п'ять, а максимальна – двадцять тисяч гривень. Статистичні дані свідчать, що вартість ремонту становить в середньому тридцять відсотків вартості нового ЦП.

Наведені дані підтверджують доцільність побудови та впровадження запропонованої АСТД. На рисунку 5 зображені діаграми, які ілюструють зміну показників діагностування та надійності при переході від існуючої системи технічного діагностування до запропонованої.

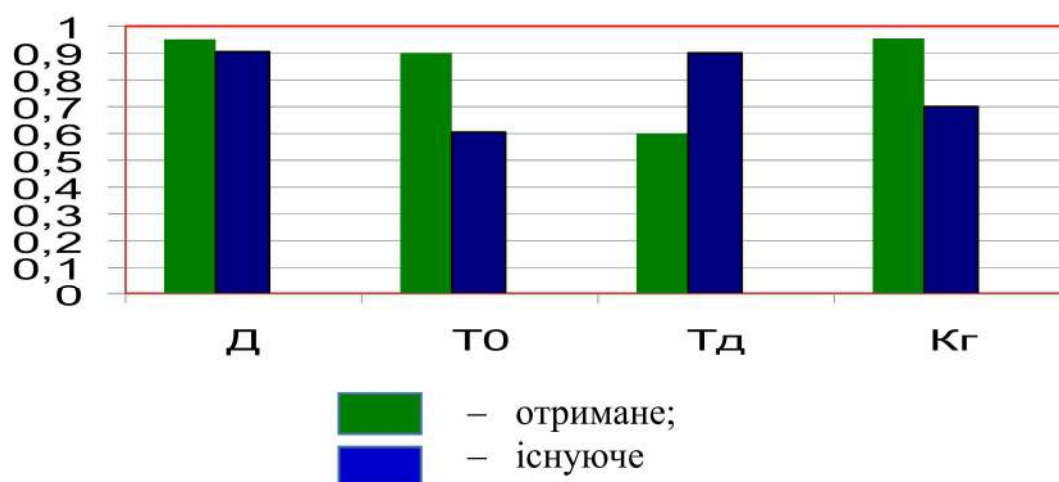


Рис. 5. Діаграми, які ілюструють зміну показників діагностування та надійності при переході від існуючої системи технічного діагностування запропонованої: Д – імовірність діагнозу; ТО – середнє напрацювання на відмову; Тд – середній час діагностування; Кг – коефіцієнт готовності

### Висновки

1. У статті доведено, що методи функціонального діагностування є недостатньо пристосованими для діагностування цифрових пристроїв на елементній базі третього та четвертого поколінь, з яких складаються блоки багатьох об'єктів радіоелектронної техніки, що побудовані у 80–90 рр. минулого століття та експлуатуються в Україні. Запропоновано використання методів фізичного діагностування, основу яких складають енергодинамічний, енергостатичний та електромагнітний методи.

2. Для підвищення імовірності діагнозу запропоновано використання від одного до трьох методів діагностування або їх комплексцію, залежно від заданої імовірності. Комплексне застосування трьох методів доцільно використовувати для діагностування складових блоків об'єктів критичної інфраструктури.

3. Визначення та прогнозування технічного стану цифрового пристрою буде проводитися на основі порівняння значень діагностичних параметрів, отриманих методами фізичного діагностування та форсованих випробувань.

4. Розроблена структурна схема автоматизованої системи технічної діагностики об'єктів радіоелектронної техніки, елементом якої є інтелектуальна система діагностування, до бази знань якої буде надходити діагностична інформація (апостеріорна), а база даних буде містити значення діагностичних параметрів, отриманих під час форсованих випробувань (апріорна інформація).



5. Для визначення залишкового ресурсу цифрових пристроїв як складових блоків запропоновано оснащення першого рівня системи технічного обслуговування і ремонту пристроями діагностування та ПЕОМ, у пам'яті якої зберігаються залежності діагностичних параметрів від часу для кожного цифрового пристрою, що є неможливим для першого рівня існуючої системи технічного обслуговування і ремонту, в якій зазначена функція виконується на другому її рівні, що призводить до значних фінансових і часових витрат. Наслідком такого рішення буде збільшення укомплектованості комплексу ЗІП технічно справними цифровими пристроями та створення прийнятних умов для виконання знеособлюваного ремонту, що відповідає вимогам технічної документації з ремонтпридатності.

6. Доведена актуальність виконання другої функції технічної діагностики – локалізації несправних радіоелектронних компонентів зі складу цифрових пристроїв блоків радіоелектронної техніки, що експлуатується в Україні, з погляду на економічну доцільність та фактор знаходження підприємств з їх виготовлення на території іншої держави.

7. Подано техніко-економічне обґрунтування побудови автоматизованої системи технічної діагностики радіоелектронної техніки на основі фізичного діагностування та діаграм, які ілюструють зміну показників діагностування та надійності при переході від існуючої системи технічного діагностування до запропонованої.

#### **Перелік джерел посилання**

1. Гахович С. В. Метод діагностування цифрових ТЕЗ. *Збірник наукових праць ВІПІ НТУУ "КПІ"*. Київ, 2004. Вип. № 4. С. 24–30.
2. Жиров Г. Б. Методика контролю технічного стану цифрових пристроїв енергостатичним методом на місці дислокації об'єктів РЕЗО. *Збірник наукових праць Одеського інституту Сухопутних військ*. Одеса, 2005. Вип. 11. С. 55–61.
3. Жердев М. К., Вишнівський В. В., Жиров Г. Б. Контроль технічного стану цифрових пристроїв енергостатичним методом. *Збірник наукових праць ВІПІ НТУУ "КПІ"*. Київ, 2005. № 1. С. 51–57.
4. Діагностування аналогових і цифрових пристроїв радіоелектронної техніки : монографія / В. В. Вишнівський та ін.; за ред. М. К. Жердева, С. В. Ленкова. Київ : Компанія ЛПК, 2009. 224 с.
5. Основы надежности и технического обслуживания радиоэлектронных средств РТВ ПВО / А. Н. Буточнов и др. Киев : КВИРТУ ПВО, 1982. Ч. 1. 230 с.
6. Глухов С. І., Жердев М. К., Кузавков В. І. Узагальнення результатів форсованих випробувань радіоелектронних компонентів. *Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. Київ, 2015. № 49. С. 40 – 48.
7. Вишнівський В. В. Проблема побудови автоматизованих систем технічного діагностування інформаційних систем. *Защита информации* : сб. науч. тр. НАУ. Киев, 2016. Вип. 23. С. 165–176.
8. Вишнівський В. В., Кузавков В. В., Гайдур Г. І. Проблема побудови та впровадження автономних автоматизованих систем діагностування радіоелектронного озброєння. *Інформаційна безпека* : наук. журн. Луганськ, 2014. Вип. № 4 (16). С. 151–157.
9. Глухов С. І. Методика обробки діагностичної інформації на основі методів фізичного діагностування та результатів форсованих випробувань радіоелектронних компонентів цифрових пристроїв об'єктів радіоелектронної техніки. *Збірник наукових праць ХНУПС імені Івана Кожедуба*. Харків, 2019. Вип. № 1 (59). С. 81–86.

*Стаття надійшла до редакції 25.03.2020 р.*

УДК 681.35

С. И. Глухов, Л. Н. Сакович, М. Ю. Яковлев, А. А. Галёса

**РАЗРАБОТКА И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ  
РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ ФИЗИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ**

*В статье представлено технико-экономическое обоснование внедрения автоматизированной системы технической диагностики радиоэлектронной техники на основе физического диагностирования, в которой использованы энергодинамический, энергостатический и электромагнитный методы.*

*Предложенная комплексация указанных методов повышает вероятность диагноза технического состояния, что особенно важно для диагностики объектов критической инфраструктуры.*

*К л ю ч е в ы е с л о в а: радиоэлектронная техника, цифровые устройства, радиоэлектронные компоненты, техническое состояние, прогнозирование, интеллектуальная система диагностики.*

UDC 681.35

S. Hlukhov, L. Sakovich, M. Yakovlev, A. Halosa

**DEVELOPMENT AND FEASIBILITY STUDY OF THE AUTOMATED TECHNICAL  
DIAGNOSIS SYSTEM FOR RADIO-ELECTRONICS BASED ON PHYSICAL DIAGNOSIS**

*The feasibility study of the automated technical diagnosis system implementation for radio-electronics based on physical diagnosis is presented in the article founded on the application of energy-dynamic, energy-static and electromagnetic methods.*

*The suggested combination of the above mentioned methods increases the accuracy of technical state diagnosis which is particularly important in diagnosis of critical infrastructure facilities.*

*The processing of diagnostic information obtained by the physical diagnosis methods based on the results of the reliability of extreme tests of radio-electronics makes it possible to determine the real technical state and trace faulty components of radio-electronics. The latter becomes more urgent in the difficult current situation in enterprises stemming from the lack of digital devices for legacy radio-electronics assembly units that were manufactured in Soviet times and are being used nowadays in Ukraine.*

*The time dependencies of diagnostic parameters as a result of conducted extreme tests allows forecasting technical state of digital devices with a high probability consequently ensuring the performance of the third function of technical diagnosis. The possibility to define the residual operation time of any digital device by physical diagnosis methods creates acceptable conditions to perform the impersonal repair of radio-electronics assembly units consistent with the requirements of the Guidelines on Repairability.*

*Diagnostic information (a posteriori) would enter the Intelligent Diagnosis System knowledge base from the radio-electronics items. The System database would contain the diagnostic parameters values obtained in the course of extreme tests (a priori information). The alignment of diagnostic parameters time dependences during the operation of radio-electronics items would result in the increased probability of diagnosis and technical state forecasting.*

*The introduction of the Automated System of Radio-Electronics Technical Diagnosis based on physical diagnosis will allow determining the real technical state of digital devices assembled on the third and fourth generation hardware components, preventing failures with high probability and extending lifespan of blocks by timely replacement of digital devices with critical characteristics that will lead to the increase of reliability indexes of radio-electronic equipment and saving public funds spent on the reusable reservation of its blocks.*

*K e y w o r d s: radio-electronics, digital devices, radio-electronic components, technical state, forecasting, Intelligent Diagnosis System.*

**Глухов Сергій Іванович** – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри військово-технічної підготовки факультету післядипломної освіти Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

<https://orcid.org/0000-0002-4918-3739>

**Сакович Лев Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теоретичних основ експлуатації засобів спеціально-інформаційних систем Інституту спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”.

<https://orcid.org/0000-0002-8257-7086>

**Яковлев Максим Юрійович** – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник науково-дослідного центру службово-бойової діяльності НГУ Національної академії Національної гвардії України.

<https://orcid.org/0000-0002-3009-0719>

**Гальоса Андрій Олександрович** – студент Фахового коледжу інженерії та управління Національного авіаційного університету.

<https://orcid.org/0000-0001-2009-0781>