

## ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

*Василь Кузавков, Володимир Хорошко, Олег Янковський*

*Наявність ефективної системи діагностування є необхідною умовою безвідмовного функціонування будь якої технічної системи. Однак, слід зауважити, що вартість розробки та обслуговування таких систем не дозволяє створювати їх в масовій кількості. В роботі запропоновано варіант побудови та алгоритм функціонування автоматизованої системи розв'язання задач технічного діагностування складних технічних об'єктів. Запропонована в роботі структура системи контролю здатна забезпечити виконання всіх задач технічного діагностування - контролю технічного стану, локалізації несправності, прогнозування технічного стану об'єкту контролю. Використання в складі системи контролю обчислювальних засобів дає змогу отримати уніфікований пристрій зі змінною структурою як апаратної так і програмної складової. Досягнута, таким чином універсальність та гнучкість автоматизованої системи діагностування як приладу з програмним керуванням, забезпечує йому широке використання у системах технічної діагностики та контролю складних об'єктів.*

**Ключові слова:** *технічний стан, система контролю, технічне діагностування, об'єкт контролю, складний технічний об'єкт.*

**ВСТУП**

Систематичний контроль технічного стану та діагностика несправності складних технічних об'єктів (комплексних систем обробки, передачі, захисту інформації, радіоелектронних комплексів зв'язку та радіоелектронної боротьби) пов'язані з суттєвими економічними та часовими витратами, потребують наявності системи підготовки висококваліфікованих фахівців та розвиненої логістичної системи. Відсутність будь якої з названих складових призводить до виходу системи з ладу та простою техніки. Одним з шляхів підвищення ефективності системи діагностування є використання у складі систем контролю електронно обчислювальних машин та автоматизованих вимірювальних комплексів (в тому числі автономних).

У процесі автоматичного (автоматизованого) контролю технічного стану об'єкту істотну роль відіграють: структура системи діагностики, її зв'язок з зовнішнім середовищем, централізація системи контролю, експлуатаційна надійність цієї системи [1].

Технічний стан складного технічного об'єкту (СТО) визначається станом його окремих елементів та вузлів. Значну кількість параметрів СТО неможливо контролювати безпосередньо. Окрім того, велика кількість параметрів ускладнює саму систему контролю зніжуючи її надійність, збільшує складність алгоритму прийняття рішення про технічний стан об'єкту контролю. На практиці для контролю використовують невелику кількість найбільш інформативних параметрів об'єкту контролю. Обов'язковою умовою є наявність інформації про можливі флуктуації діагностичних параметрів у наслідок зносу та старіння. Використання

ЕОМ у складі системи контролю дозволяє підвищити ефективність та достовірність прийнятого рішення. У цьому випадку ЕОМ забезпечується елементами введення діагностичної інформації, а також спеціальним програмним забезпеченням, яке реалізує алгоритми контролю та діагностики. Сукупність цих програмно-апаратних засобів складають автоматизовану систему діагностики та контролю (АСДК) стану СТО.

**ОСНОВНА ЧАСТИНА**

Сформулюємо основні вимоги до складу та структури АСДК. Для широкого використання та підвищення практичності система повинна бути забезпечена програмно-орієнтованими мовними засобами, які забезпечують діалоговий режим роботи з ЕОМ та введення-виведення інформації у зручному форматі.

Для забезпечення роботи усю апіорну інформацію необхідно заздалегідь завантажити у оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП). Результати поточного контролю діагностичних параметрів та терміни фактичного напрацювання вводяться оперативно. Потрібна частина апіорної інформації при вирішенні задачі діагностики повинна заноситися у оперативну пам'ять за заданим індексом об'єкту. Збільшення кількості діагностичних параметрів, призводить до зростання обсягу інформації, яка повинна бути оброблена. Це обумовлює необхідність включення до складу АСДК інформаційного банку даних.

Відмінною особливістю банків даних АСДК є нестабільність обсягів та складу масивів (внаслідок великої кількості записів та операцій їх обробки). Це пояснюється наступним: у процесі експлуатації системи постійно накопичуються інформація про

результати спостереження поточного стану об'єкту контролю (ОК); після накопичення достатньої кількості статистичного матеріалу інформація періодично узагальнюється у вигляді параметрів функцій розподілу, математичних моделей, які потребують для свого зберігання значно менший обсяг пам'яті; існує постійна зміна (оновлення) параметрів, які контролюються, що безпосередньо відображається на вмісті інформаційного блоку.

У подібних умовах роботи банку даних ефективність використання обсягу пам'яті, швидкість пошуку та оновлення масивів в ОЗП безпосередньо залежить від структури бази даних та способів організації фізичних записів у пам'яті ЕОМ.

Методи розв'язання задач діагностики та контролю залежать від типу об'єкту, форми та складу апріорної та експериментальної інформації. Необхідність аналізу різноманітних за структурою та алгоритмом функціонування об'єктів призводить до потреби включення до складу АСДК пакету (набору) діагностуючих програм. Отже, у складі АСДК доцільно мати пакет програм, які можливо адаптувати у відповідності до типу об'єкту контролю. За обмеженою кількістю модулів прикладних програм такий пакет дозволяє автоматично генерувати робочі програми, які відповідають запитам користувачів [2].

За наявністю у складі мовного інтерфейсу, інформаційного банку, пакету прикладних програм, АСДК здатна забезпечити наступні режими роботи: введення до банку різноманітної апріорної інформації; видалення з банку окремих блоків інформації; виведення на друк інформації про окремі вузли або елементи об'єкту, який входить до складу інформаційного банку АСДК; аналіз результатів вимірювань діагностичних параметрів; видача системою значень параметрів внутрішніх елементів, відомостей про поточний стан об'єкту чи список елементів та вузлів з найбільшою вірогідністю несправності; планування перевірок – визначення координат множини точок у просторі вхідних параметрів, при яких результати контролю вхідних змінних найбільш інформативні для процесу діагностики.

Якість виконання задачі непрямого контролю у АСДК визначається точністю моделі процесів, які протікають у об'єкті контролю; математичним апаратом, який застосовується; кількістю апріорної інформації. При цьому можна використовувати методи теорії оцінювання, ідентифікації, статистичних рішень, розпізнавання станів і нарешті - алгоритмів штучного інтелекту.

Розглянемо один з підходів до побудови алгоритмів розв'язання задач технічного діагностування. Нехай об'єкт контролю характеризується вектором стану вихідних змінних  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$ , які піддаються контролю; вектором вхідних змінних  $X = (x_1, x_2, \dots, x_m)^T$ ; вектором параметрів внутрішніх елементів  $B = (b_1, b_2, \dots, b_k)^T$ , які не контролюються; вектором змінних стану  $U = (u_1, u_2, \dots, u_r)^T$ , які не контролюються. Необхідно: визначити значення компонент вектору  $B$  за отриманими значеннями вихідних змінних  $Y_3$  та апріорною інформацією про об'єкт контролю.

При прийнятті рішення необхідно врахувати наявність низки похибок метрологічного походження. Крім того, зазвичай, існує невизначеність апріорної інформації та діє умова  $k > n$ . Тому результат розв'язання поставленої задачі технічного діагностування повинен мати вигляд умовної щільності ймовірностей  $P(B/Y_3, T, C)$ , де  $T$  – напруження ОК на момент контролю (години),  $C$  – матриця результатів вимірювань змінних, які піддаються контролю, розміром  $n \times N$ , де  $N$  – кількість попередніх сеансів контролю.

Розглянемо методику отримання умовної щільності ймовірностей, яка може бути застосована при чисельних розрахунках за допомогою ЕОМ. Для цього скористаємося інформацією про ОК.

Нехай апріорі відома математична модель ОК, який підлягає контролю, у вигляді системи кінцевих нелінійних рівнянь:

$$\Phi(X, Y, B, U, E_0) = 0, \quad (1)$$

де  $\Phi(X, Y, B, U, E_0) = 0$  – вектор нелінійних функцій;  $E_0$  –  $s$ -мірний вектор випадкових величин з нульовим математичним очікуванням елементів та з заданою функцією розподілу (вектор  $E_0$  характеризує розкид параметрів об'єкту).

Підставимо у вираз (1)  $Y = Y_3 + E_1$ , де  $E_1$  –  $n$ -мірний вектор помилок контролю, та отримаємо:

$$\Phi(X, Y_3, B, U, E') = 0. \quad (2)$$

У виразі (2)  $E' = l - s + n$ -мірний вектор, який складається з елементів  $E_0$  та  $E_1$ . Припускаючи відносно невеликі значення елементів вектору  $E'$ , рівняння (2) у першому наближенні можна записати наступним чином:

$$\Phi(X, Y_3, B, U, 0) \cong -H_0(X, Y_3, B, U, 0)E', \quad (3)$$

де  $H_0(X, Y_3, B, U, 0)$  – матриця розмірністю  $n \times l$ , кожний елемент якої визначається:

$$h_{ij}(X, Y_3, B, U, 0) = \frac{\partial f_i(X, Y_3, B, U, 0)}{\partial e_{1j}}$$

де  $f_i(X, Y_3, B, U, 0)$  та  $e'_j$  – елементи відповідних векторів  $\Phi(X, Y_3, B, U, 0)$  та  $E'$ .

Вибірємо з сукупності елементів вектору  $E'$  такі  $n$  елементів, які у середньому вносять найбільший вклад у складові випадкового вектору  $H_0(X, Y_3, B, U, 0)E'$ . Для цього складемо норми:

$$M_j = \sqrt{\sum_{i=1}^n (h'_{ij})^2 d_j}, \quad j = 1, 2, \dots, l,$$

де  $h'_{ij}$  – відповідний елемент матриці  $H_0(X, Y_3, B, U, 0)$ , який обчислений для середніх значень змінних  $X, Y_3, B, U$ ;  $d_j$  – дисперсія випадкової величини  $e'_j$ .

Обернімо ті пари  $n$  елементів вектору  $E'$  та стовпців матриці  $H_0(X, Y_3, B, U, 0)$ , для яких відповідні норми  $M_j$  є максимальними з наявних  $l$  елементів  $M_j$ . З обраних елементів та стовпців складемо новий усічений вектор  $E$  та усічену матрицю  $H(X, Y_3, B, U, 0)$ .

Замінюючи рівняння (3) на наступний вираз:

$$\Phi(X, Y_3, B, U, 0) \cong H(X, Y_3, B, U, 0)E,$$

отримаємо:

$$E = H^{-1}(X, Y_3, B, U, 0)\Phi(X, Y_3, B, U, 0) = W.$$

Згідно правилу перетворення функцій щільності ймовірностей [3,4] маємо:

$$p(B/Y_3, T, C) = \frac{p(Y_3, B/C, T)}{p(Y_3/C, T)} = \frac{p(E_1, B/C, T)}{p(Y_3/C, T)} \left| \det \left[ \frac{\partial W}{\partial Y_3} \right] \right|.$$

Враховуючи, що компоненти вектору  $E$  практично незалежні від  $T, C$  та  $B$ , отримаємо:

$$p(B/Y_3, T, C) = \frac{p(E)p(B/C, T)}{p(Y_3/C, T)} \left| \det \left[ \frac{\partial W}{\partial Y_3} \right] \right|.$$

У випадку незалежності величин  $T$  та  $C$ :

$$p(B/Y_3, T, C) = \frac{p(W)p(B/T)p(B/C)}{p(Y_3/C, T)p(B)} \left| \det \left[ \frac{\partial W}{\partial Y_3} \right] \right|.$$

Тут  $p(W)$  визначається з апіорно відомої інформації про функції шумів, помилки контролю та т.і.;  $p(B/T)$  встановлюється характеристиками, які вказують зміну внутрішніх параметрів у процесі експлуатації ОК;  $p(B/C)$  визначає інформацію про передісторію ОК; значення  $p(B)$  отримують з апіорного розподілу ймовірностей значень параметрів внутрішніх елементів.

Використовуючи отримані вирази у якості апостеріорних щільностей ймовірності, можна визначити точні або інтервальні оцінки параметрів  $b_1, b_2, \dots, b_k$ . Зауважимо, що на практиці вказані

розподіли не завжди задаються у явному вигляді. Замість них відомі лише деякі параметри цих розподілів або ж інформація, яка дозволяє оцінити ці величини після попередньої обробки.

Експлуатація АСДК у характерних для практики умовах невизначеності вимагає максимального використання усієї наявної інформації, яка відрізняється як змістом, так і великою різноманітністю, що повинно відобразитися на складі та структурі АСДК. Кожну ситуацію, з точки зору наявності того чи іншого типу інформації, необхідно кодувати. Для цього можливо використовувати набір з шести багаторозрядних чисел А, Б, В, Г, Д, К, який отримав назву коду інформаційного стану.

Інформація про результати поточного контролю подається числом А, при цьому усе різноманіття форм наявної інформації такого роду характеризується розрядами цього числа. Якщо номер розряду числа А означити індексом, то  $A_1$  вказує на наявність або відсутність даних про напруження ОК в момент контролю;  $A_2$  – форму завдання помилок контролю входних змінних ( $A_2 = 0$  – задана інтегральна оцінка помилок контролю,  $A_2 = 1$  – задана функція розподілу помилок контролю чи її параметрів,  $A_2 = 2$  – помилками контролю можна знехтувати);  $A_3$  – форму завдання помилок контролю входних змінних.

Інформація про математичну модель ОК подається числом Б, розряди якого характеризують:  $B_1$  – тип рівнянь, що використовуються в математичній моделі;  $B_2$  – лінійність або нелінійність моделі;  $B_3$  – структуру математичних виразів;  $B_4$  – змістовний сенс змінних моделі; у якості яких можуть виступати реальні змінні стану об'єкту або їх відхилення від номінальних значень;  $B_5$  – форму завдання помилок констант математичних моделей;  $B_6$  – наявність або відсутність таблиць характерних несправностей.

Число В характеризує ступінь інформованості про передісторію ОК: причому  $B_1$  вказує можливі комбінації змінних, які використовуються в моделі та інформація про які подана передісторією ОК.

У числі Г, яке подає експлуатаційні характеристики ОК,  $G_1$  вказує на наявність характеристик старіння або зносу, які задані у вигляді функцій варіацій параметрів об'єкту від інтенсивності експлуатації або інші форми опису характеристик зносу та старіння.

Якщо існує інформація про інші об'єкти даного класу, то вона подається числом Д, компоненти якого вказують комбінацію тих типів змінних, результатами контролю яких поданий статис-

тичний матеріал про об'єкти даного класу, та форму завдання помилок статистичних даних, що характеризують ці помилки.

У випадку можливості проведення експериментів на ОК, до розгляду додається число  $K$ , розряди якого вказують форму завдання області, у якій можливе регулювання вхідних змінних, та форму завдання функції втрат на експериментальні дослідження.

Наведений перелік не можна рахувати повним, але навіть при цій кількості практичних ситуацій з різним інформаційним забезпеченням кількість задач діагностики досягає декількох десятків тисяч. Таким чином, така ж кількість робочих програм повинна забезпечуватися пакетом прикладних програм. Кількість та склад модулів у програмному пакеті залежить, насамперед, від математичних методів непрямого контролю, які використовуються у АСДК.

Крім запропонованого вище підходу реалізації непрямого контролю необхідно використовувати інші методи, які реалізують ефективне рішення приватних постановок завдань. Так, можна успішно використати результати, які отримані у теорії оцінювання, ідентифікації та статистичних рішень [5, 6, 7].

Крім програмних модулів, що реалізують методи непрямого контролю, у склад прикладного пакету потрібно такі модулі, які дозволяють перетворювати або узагальнювати вихідну інформацію до зручного для програмної обробки формату. Це обумовлено вимогами користувачів, які вводять інформацію у зручному для себе виді.

На рис. 1 наведена схема пакету прикладних програм для АСДК, яка відповідає вказаним вище вимогам.

У блоці БА аналізується ім'я ОК – обирається з банку наявна апріорна інформація та відповідний код інформаційного стану. У модулях типу М1 забезпечується попередня обробка вихідної інформації. У кожному  $i$ -му модулі спочатку виконуються аналіз коду інформаційного стану у блоці БП. При наявності у складі вихідної інформації даних, які потребують обробки  $i$ -м способом, здійснюється перехід до відповідного блоку обробки даних БОД <sub>$i$</sub> ; у протилежному випадку перехід здійснюється до наступного модулю. У модулях типу М2 аналізується код інформаційного стану та при необхідності забезпечується розв'язання задачі спеціальними методами у блоках прикладних програм БПП <sub>$i$</sub> .

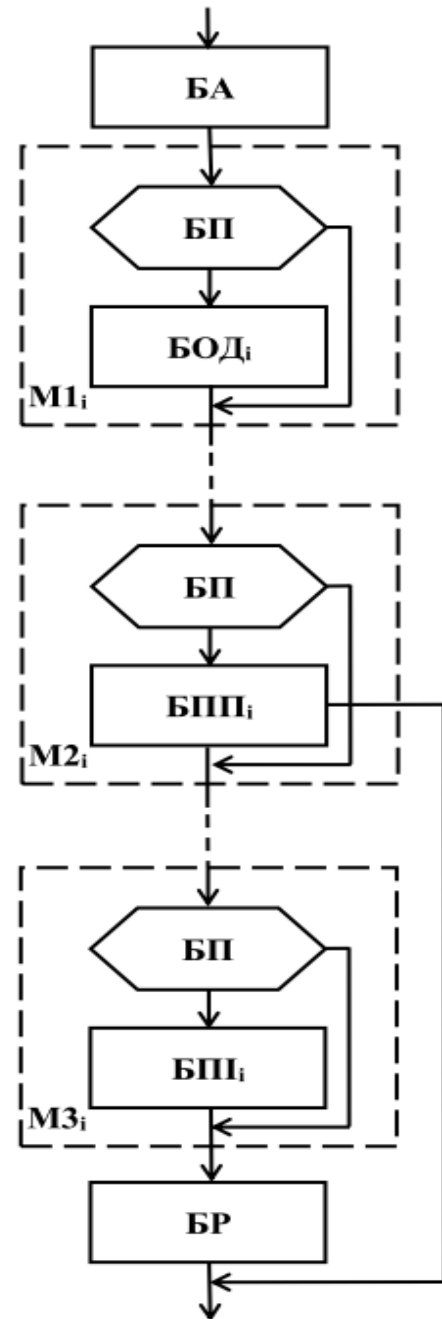


Рис.1 Структура взаємодії прикладних програм АСДК

Якщо у пакеті відсутні модуля для розв'язання даної задачі спеціальними методами, то використовується запропонований у цій роботі підхід, який реалізується у модулях типу М3.

В них за допомогою блоків перетворення інформації БПП <sub>$i$</sub>  виконується обробка та перетворення вихідної інформації до стандартних форм, відхилення від яких перевіряється у блоках БП.

Після формалізації інформації у блоці БП вирішується задача непрямого контролю аналізу стану ОК.

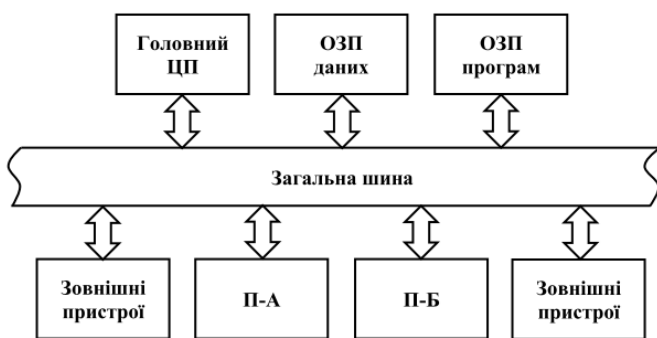


Рис. 2 Структура ІРС

На рис. 2 наведена можлива схема організації та побудови АСДК на базі інформаційно-розрахункової системи (ІРС) з паралельною обробкою даних поточного контролю та класифікації технічного стану ОК.

ІРС складається з центрального процесору ЦП та двох допоміжних – П-А та П-Б, які виконують обмежено коло визначених завдань. Паралельне виконання задач може полягати у наступному: П-А здійснює попередню обробку інформації, яка надходить з датчиків на об'єктах; введення інформації з зовнішніх пристроїв та виведення її на них (програми та алгоритм роботи записані до внутрішньої пам'яті, яку складають постійний (ПЗП) та оперативний (ОЗП) запам'ятовуючі пристрої); а П-Б надає комплексну оцінку технічного стану об'єкту згідно розробленого алгоритму класифікації на основі даних поточного контролю (вводяться з П-А) та виконує часткове керування процесом обробки даних, дисплеєм та пристроями реєстрації діагностичної інформації [8].

Обидва процесори П-А та П-Б працюють на загальну шину обміну даних. Володіючи значно більшою потужністю пам'яті, головний ЦП має дві її області - пам'ять програмну та пам'ять для зберігання даних. Головний ЦП аналізує дані про хід процесу контролю, які надходять від П-А та П-Б, та здійснює загальне управління усією АСДК. Запам'ятовуючий пристрій може бути виконаний у вигляді енергонезалежної пам'яті (Flash пам'ять), що дає змогу легко копіювати та переносити інформацію, змінювати програми та алгоритм роботи елементів П-А та П-Б,

У випадку виходу діагностичних параметрів за межі допуску, П-А (П-Б) видає аварійний сигнал на головний процесор та надає інформацію про стан ОК. Пріоритет у прийнятті рішення про стан ОК надається ЦП.

Поряд з апаратними, у системі застосовуються програмні методи, за допомогою яких на вході

системи контролю формуються перевірні тестові набори (послідовності, мікро коди та програми). Якщо, ОК підтримує стандартний інтерфейс моделі OSI, до перевірної послідовності додається адреса відповідного рівня моделі. Це додає змогу проводити контроль об'єктів з вбудованим програмним забезпеченням та об'єктів під керівництвом обчислювальних засобів.

Використання програмованого пристрою введення-виведення забезпечує програмний доступ до зовнішніх ліній та груп ліній з метою направлення по них інформації.

Таким чином універсальність та гнучкість автоматизованої системи діагностування як приладу з програмним керуванням, забезпечує йому широке використання у системах технічної діагностики та контролю складних об'єктів. Однак, це не виключає можливості використання їх зі схемами управління (апаратна логіка), де набір операцій задається схемою поєднання вузлів операційного блоку.

## ВИСНОВКИ

Запропонована в роботі структура АСДК здатна забезпечити виконання всіх задач технічного діагностування (контроль технічного стану, локалізація несправності, прогнозування технічного стану ОК). Значна кількість типів ОК спричиняє необхідність модифікування робочих програм у залежності від ОК з обмеженої кількості блоків прикладних програм. Модульність запропонованої структури дозволяє легко вводити та виводити нові модулі до склад АСДК, розширювати та звужувати її можливості у залежності від умов експлуатації та вимог замовника.

Окрім того, використання АСДК у вигляді автономної системи, дозволяє значно підвищити надійність пари ОК – АСДК, поширити можливі варіанти її використання [9].

## ЛІТЕРАТУРА

- [1] Постановка задачі синтезу автономної автоматизованої системи діагностування мережі однотипних програмно-апаратних засобів. В.В. Кузавков, П.В. Хусаїнов, Г.І. Гайдур. – Сучасний захист інформації, 2017. – С. 61-67
- [2] Грицьк В. В. Распараллеливание алгоритмов обработки информации в системах реального времени / В.В. Грицьк. – К: Наукова думка, 1991. – 216 с.
- [3] Брайсон А. Прикладная теория оптимального управления. Оптимизация, оценка и управление / А. Брайсон, Хо Ю-Ши. – М: Мир, 1992. – 130 с.
- [4] Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс. Изд. 2-е / Б. Банди. – М: Радио и связь, 1998. – 138 с.

- [5] Поспелов Д. А. Ситуационное управление: теория и практика / Д. А. Поспелов. – М: Наука, 1986. – 326 с.
- [6] Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления / П. Эйкхофф. – М: Мир, 1985. – 206с.
- [7] Сейдж Э. Теория оценивания и ее применение в связи и управлении. Изд. 3-е доп. / Э. Сейдж, Дж. Мелс. – М: Связь, 2006. – 186 с.
- [8] Белецкий В. Н. Многопроцессорные и асинхронные структуры с организацией параллельных вычислений. Изд. 2-е В. / Н. Белецкий – К: Наукова думка, 1998. – 206 с.
- [9] Обґрунтування вибору показників оцінки ефективності функціонування автоматизованої системи контролю / В. Кузавков, О. Янковський, Ю. Болоток // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. Розділ: Військова кібернетика та системний аналіз. Том 44, №2. – 2022. – С. 21-27.

### TECHNICAL DIAGNOSTICS OF COMPLEX TECHNICAL OBJECTS

The availability of an effective diagnostic system is a necessary condition for the trouble-free functioning of any technical system. However, it should be noted that the cost of development and maintenance of such systems does not allow creating them in mass quantities. The paper proposes a construction option and an algorithm for the functioning of an automated system for solving the problems of technical diagnostics of complex technical objects. The structure of the control system proposed in the work is able to ensure the performance of all tasks of technical diagnostics - control of the technical condition, localization of malfunctions, forecasting of the technical condition of the object of control. The use of computing tools as part of the control system makes it possible to obtain a unified device with a variable structure of both hardware and software components. The thus achieved universality and flexibility of the automated diagnostic system as a device with soft-

ware control ensures its wide use in systems of technical diagnostics and control of complex objects.

**Keywords:** technical condition, control system, technical diagnostics, control object, complex technical object.

**Кузавков Василь Вікторович**, доктор технічних наук, доцент, начальник кафедри побудови телекомунікаційних систем Військового інституту телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут.

**Vasyl Kuzavkov**, doctor of technical sciences, associate professor, the head of the department of construction of telecommunication systems of the Military Institute of Telecommunications and Informatization named after the Heroes of Kruty.

E-mail: nevse@ukr.net.

Orcid ID: 0000-0002-0655-9759.

**Хорошко Володимир Олексійович**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри безпеки інформаційних технологій Національного авіаційного університету.

**Volodymyr Khoroshko**, doctor of technical sciences, professor, professor of the department of security of information technologies of the National Aviation University.

E-mail: professor\_va@ukr.net.

Orcid ID: 0000-0001-6213-7086.

**Янковський Олег Георгійович**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри телекомунікаційних систем та мереж Військового інституту телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут.

**Oleg Iankovskii**, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor department of telecommunication systems and networks of the Military Institute of Telecommunications and Informatization named after the Heroes of Kruty.

E-mail: yankovsky@onua.edu.ua.

Orcid ID: 0000-0001-8041-1843.

DOI: 10.18372/2410-7840.24.17189

УДК 004.056

### ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИЙ СПЕКТР МОВНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

*Ольга Гришук*

*В умовах повсюдної доступності комунікаційних систем кожен з абонентів інформаційного обміну здебільшого прагне досягнути максимальної конфіденційності під час спілкування. Для задоволення цієї потреби у світі розроблено та впроваджено низку новітніх технологій захисту мовної інформації. Наприклад, відомі найпростіші програмні, апаратні та програмно-апаратні засоби захисту мовної інформації у вигляді скремблерів або більш новітні програмні засоби потокового шифрування в загальнодоступних месенджерах WhatsApp, Signal тощо. Засоби криптографічного захисту мовної інформації також широко використовуються в таких радіостанціях, як Motorola, Hytera та ін. Питання забезпечення конфіденційності мовної інформації в комунікаційних системах спеціального призначення взагалі є однією з ключових вимог, яка висувається до систем такого типу. Незважаючи на застосовувані технології забезпечення конфіденційності*