

УДК 004.9

DOI: 10.25140/2411-5363-2018-2(12)-142-150

Ольга Башинська, Юрій Камак, Сергій Нестеренко

**МЕТОД ДІАГНОСТИКИ КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ  
БЕЗПЛОТНОГО АВІАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ**

**Актуальність теми дослідження.** Перспективним напрямком розвитку програмно-апаратних засобів технічного діагностування є використання в їх складі інтелектуальних компонентів. Відомі засоби технічного діагностування орієнтовані на вирішення окремих вузькоспеціалізованих діагностичних задач і не забезпечують достатнього рівня універсальності, тому проблема підвищення ефективності діагностування за рахунок розробки та вдосконалення інтелектуальних засобів є актуальною і потребує подальших досліджень. Також актуальним є дослідження впливу різних факторів на роботу компонентів системи керування безпілотного авіаційного комплексу.

**Постановка проблеми.** Сучасні системи керування безпілотним авіаційним комплексом є складними комплексами, в яких відбувається тісна взаємодія різномісних підсистем. Використання БпАК у високотехнологічних сферах вимагає забезпечення високого рівня надійності функціонування СК БпАК та її компонентів. Одним із засобів підвищення надійності роботи є розробка і впровадження ефективних програмно-апаратних засобів діагностування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Нині в умовах глобальної автоматизації пристроїв та їх комплексів, питання пошуку несправностей за допомогою автоматизованих систем із кожним днем стає все більш актуальним. Пристрої та їх комплекси стають більш складними та потребують більш глибокої деталізації при пошуку несправностей. Саме тому це питання звернуло увагу на себе багатьох науковців. Так, наприклад, С. В. Нікітенко неодноразово звертає увагу на вивчення проблем автоматизованого пошуку несправностей в електронних приладах [1; 2].

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Розробка науково обґрунтованої методології технічної діагностики елементів системи керування БпАК.

**Постановка завдання.** Розробка методу діагностування компонентів СК БпАК на базі узагальненої математичної моделі програмно-апаратного пристрою діагностики.

**Виклад основного матеріалу.** Для проведення технічної діагностики компонентів системи керування БпАК пропонується метод, що розглядає кожен елемент СК БпАК у вигляді орієнтованого графа причинно-наслідкових зв'язків. Розроблено алгоритм програмного компонента діагностичної системи СК БпАК.

**Висновки відповідно до статті.** Сформульовано та надано математичний опис методу технічної діагностики елементів СК БпАК. Наведено алгоритм програмного компонента діагностичної системи СК БпАК.

**Ключові слова:** безпілотні літальні апарати; безпілотні авіаційні комплекси; система керування БпАК; надійність; діагностування.

Рис.: 5. Бібл.: 7.

**Актуальність теми дослідження.** Перспективним напрямком розвитку програмно-апаратних засобів технічного діагностування є використання в їх складі інтелектуальних компонентів. Відомі засоби технічного діагностування орієнтовані на вирішення окремих вузькоспеціалізованих діагностичних задач і не забезпечують достатнього рівня універсальності, тому проблема підвищення ефективності діагностування за рахунок розробки та вдосконалення інтелектуальних засобів є актуальною й потребує подальших досліджень. Також актуальним є дослідження впливу різних факторів на роботу компонентів системи керування безпілотного авіаційного комплексу.

**Постановка проблеми.** Сучасні системи керування безпілотним авіаційним комплексом (СК БпАК) є складними комплексами, в яких відбувається тісна взаємодія електромеханічної, енергетичної та програмно-апаратної підсистем. Ці підсистеми постійно вдосконалюються, розвиваються та модернізуються. Використання БпАК у провідних високотехнологічних сферах, таких як військова справа, геологія тощо, вимагає забезпечення високого рівня надійності функціонування СК БпАК та її компонентів. Одним із засобів підвищення надійності роботи є розроблення і впровадження ефективних програмно-апаратних засобів діагностування компонентів, що безпосередньо входять до складу підсистем СК БпАК.

Особлива увага приділяється надійності функціонування СК БпАК. Для забезпечення виконання задач, що виконується системою керування БпАК необхідно постійно проводити моніторинг стану та функціональної здатності компонентів СК БпАК. Такий процес будемо називати діагностуванням.

Велика кількість методів діагностики, відсутність або висока вартість діагностичних програм та апаратних засобів діагностування, відсутність технічної документації до

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

комплексу значно ускладнюють діагностування компонентів СК БпАК. Наприклад, технічне обслуговування сучасних технічних систем становить близько 50 % від їх вартості. За цих умов проблема розробки методів та засобів, що забезпечують користувача інформацією про поточний стан та має можливість прогнозувати зміни у стані компонентів СК, має велике значення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основним завданням технічного діагностування є забезпечення функціональної надійності й ефективності роботи СК БпАК, а також скорочення витрат на її технічне обслуговування та зменшення втрат у результаті відмов і передчасних виводів у ремонт її компонентів.

Діагностування СК БпАК складається з таких етапів:

- оцінка технічного стану кожної компоненти СК БпАК;
- виявлення і локалізація несправностей;
- прогнозування залишкового ресурсу компонентів СК БпАК;
- моніторинг технічного стану СК.

Для оцінки стану кожного компонента [3] вводимо перелік параметрів, які, зазвичай, називають діагностичними. Під діагностичними параметрами розуміють репрезентативні параметри, з яких визначають стан компонентів системи керування. Розрізняють прямі й непрямі діагностичні параметри. Перші безпосередньо характеризують стан об'єкта, а другі пов'язані з прямими параметрами функціональною залежністю.

Під час функціональної діагностики СК БпАК, у процесі його роботи, поряд з окремо розглянутими параметрами можуть використовуватися також функціональні зв'язки (функціональні залежності) параметрів, як ознака стану [4].

У статті [5] представлено огляд загального методу технічної діагностики. Автор розглядає фізику відмови й описує принципи і методи оцінювання та експертизи, у тому числі відмови структурного моніторингу стану справності та неруйнівного контролю. Аналізується роль метрологічних параметрів як показників технічної діагностики і формулюється методологія для моніторингу функціональних характеристик і структурної цілісності технічних об'єктів.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що програмно-апаратний засіб діагностування СК БпАК повинен вирішити такі взаємопов'язані завдання [6]:

- розроблення математичної моделі функціонування СК БпАК, що дозволяє перевіряти працездатність і правильність функціонування за сукупністю діагностичних параметрів;
- створення математичної моделі пошкоджень і відмов для виявлення причин їх виникнення;
- побудова алгоритму діагностування [1].

Для вирішення перелічених вище завдань застосовують різні математичні методи. Так, при створенні моделей для перевірки працездатності та правильності функціонування використовують системи лінійних та нелінійних рівнянь [7]. Для створення моделей дефектів і відмов використовують топологічні моделі у вигляді дерев відмов і графів причинно-наслідкових зв'язків між технічними станами і діагностичними параметрами [1]. Основою для побудови алгоритмів діагностування є моделі об'єктів діагностування. З автоматичним діагностуванням пов'язана задача прогнозування технічного ресурсу об'єкта. Алгоритм діагностування є основою для створення системи технічної автоматизованої діагностики СК БпАК.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Розробка науково обгрунтованої методології технічної діагностики елементів системи керування БпАК.

**Постановка завдання (формулювання цілей статті).** Мета статті полягає в розробленні методу діагностування компонентів СК БпАК на базі узагальненої математичної моделі програмно-апаратного пристрою діагностики та опису програмної компоненти діагностичного комплексу СК БпАК.

**Виклад основного матеріалу.****Метод діагностики елементів СК БпАК**

Типова структура програмно-апаратного засобу технічного діагностування в найпростішому варіанті включає діагностичні датчики (сигналізатори), що передають діагностичну інформацію від об'єкта, та перетворювачі, які перетворюють сигнали від датчиків (сигналізаторів) в уніфікований вид, що зручніше використовувати для обробки, та передачі на пристрої та виведення інформації.

Поділяються системи діагностування на групи за такими рисами:

- за ступенем загальності інформації, що видається – на локальну й загальну;
- за характером взаємодії з об'єктом – на тестову і функціональну.

Локальне діагностування використовують для оцінки стану вузлів і деталей, а загальне діагностування – взагалі всього об'єкта. Система тестування формує сигнал, що подається на об'єкт, для перевірки та отримання від нього інформації у відповідь. Функціональна система фіксує інформацію про стан об'єкта перевірки в процесі його роботи. Системи діагностування призначаються для вирішення таких завдань: перевірка справності, працездатності й функціонування об'єктів та пошуку дефектів [3].

Системи діагностування є дуже важливою складовою в СК БпАК, тому детально розглянемо узагальнену схему програмно-апаратного пристрою для діагностики СК БпАК, яка представлена на рис. 1.

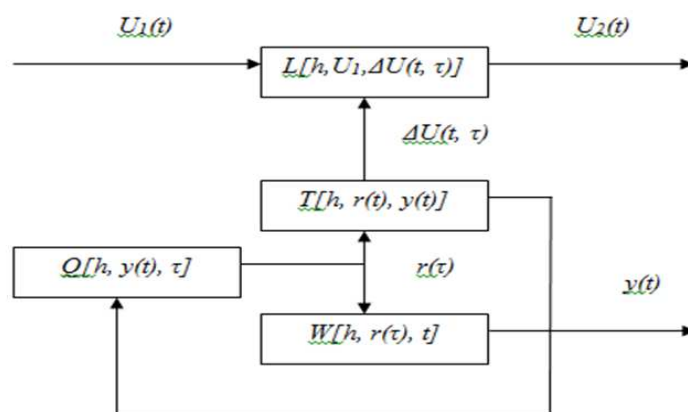


Рис. 1. Структурна схема програмно-апаратного пристрою діагностики

Основні властивості вузла, що досліджується, характеризуються оператором  $L$ , який пов'язує вхідні і вихідні впливи  $U_1(t)$  і  $U_2(t)$ , де  $t$  – час, а також враховує залежність  $U_2(t)$  від збурюючого фактора  $\Delta U(t, \tau)$ , де  $\tau$  – тривалість дії збурюючого фактора, породженого власними внутрішніми процесами. Якість функціонування об'єкта залежить не тільки від конструктивних параметрів  $h$ , а й від збурень  $\Delta U(t, \tau)$ , які змінюються в часі й можуть викликати параметричну відмову системи. Зміну технічного стану можна контролювати за зміною власних коливань  $y(t)$ , що породжуються внутрішніми процесами. Основним параметром, що зв'язує  $\Delta U(t, \tau)$  і  $y(t)$  у цій моделі, є вектор  $r(t)$ . Вектор  $r(t)$  визначається дефектами вузла. Зв'язок  $\Delta U(t, \tau)$  з  $r(t)$  і  $y(t)$  встановлюється оператором  $T$ , а зв'язок  $y(t)$  з  $r(t)$  – оператором  $W$  [8].

Параметр  $r(t)$  в умовах тривалого функціонування системи змінюється не тільки внаслідок процесів старіння, а й під дією інших факторів (наприклад, вібрації). Ці зміни за часом значно повільніші в порівнянні з флуктуацією основних експлуатаційних показників. Зв'язок між змінами  $r(t)$  і вібрацією  $y(t)$  встановлюється за допомогою оператора  $Q$ . У моделі є два види характерних процесів: швидкі (час  $t$ ) – флуктуація експлуатаційних показників і повільні (час  $\tau$ ) – зміна параметрів  $r(t)$  (дефектів та інших характеристик). Швидкі процеси визначають якість функціонування в цей момент часу, а повільні – параметричну надійність системи [7].

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Елемент СК БпАК представляється у вигляді орієнтованого графа причинно-наслідкових зв'язків  $FE_i(W_i^{FE}, Q_i^{FE})$ , де  $W_i^{FE}$  – множина вершин графа  $FE_i$ , а  $Q_i^{FE}$  – відображення  $W_i^{FE}$  в  $W_i^{FE}$ . Вершиною графа є функціональний елемент, який є складовою головного пристрою, що здатний виконувати логічно завершену задачу. Для функціонального елемента граф причинно-наслідкових зв'язків фіксує різницю між вхідними та вихідними сигналами функціонального елемента. У зв'язку з цим «причина» – сигнал на вході функціонального елемента, а «наслідок» – різниця при впливі на формування сигналу при виході. Будь-який причинно-наслідковий зв'язок у функціональному елементі реалізується у вигляді електричних з'єднань, але приймаються у вигляді «каналів» поширення сигналу (орієнтованих зв'язків, що мають напрямом). Множина вершин графа  $i$ -го функціонального елемента визначається, як  $W_i^{FE} = \{X_i, Y_i\}$ , де  $X_i = \{x_1^i, x_2^i, \dots, x_n^i\}$  – сукупність входів  $FE_i$ ,  $Y_i = \{y_1^i, y_2^i, \dots, y_m^i\}$  – сукупність виходів  $FE_i$  [2].

Матриця впливу  $A_i$  входів функціонального елемента на його сигнали виходу буде мати такий вигляд (1):

$$A_i = \begin{matrix} & & y_1^i & \dots & y_m^i \\ x_1^i & \left( \begin{matrix} a_1^1 & \dots & a_1^m \\ \dots & \dots & \dots \\ x_n^i & \left( \begin{matrix} a_n^1 & \dots & a_n^m \end{matrix} \right) \end{matrix} \right. & & & \end{matrix} \end{matrix} \end{matrix} \quad (1)$$

Матриця заповнюється таким чином (2):

$$a_t^j = \begin{cases} 1, \text{ якщо сигнал входу } x_t^j \text{ впливає на формування виходу } y_j^i; \\ 0, \text{ якщо сигнал входу } x_t^j \text{ не впливає на формування виходу } y_j^i. \end{cases} \quad (2)$$

Об'єкт дослідження, що складається з  $n$  функціональних елементів, задається у вигляді  $DU(W^{DU}, Q^{DU})$ , де  $W^{DU}$  – множина вершин графа несправного пристрою;  $Q^{DU}$  – відображення  $W^{DU}$  в  $W^{DU}$ . Множина вершин графа визначається як  $W^{DU} = \{X_0, W^{FE}, Y_0\}$ , де  $X_0 = \{x_1^0, x_2^0, \dots, x_k^0\}$  – сукупність входів пристрою;  $W^{FE} = \{W_1^{FE}, W_2^{FE}, \dots, W_N^{FE}\}$  – сукупність вершин функціональних елементів, з яких складається об'єкт діагностики;  $Y_0 = \{y_1^0, y_2^0, \dots, y_p^0\}$  – сукупність виходів.

На основі цього визначаємо вигляд матриці логічних зв'язків несправного об'єкта діагностики як квадратну матрицю суміжності  $B$ , що будується з підматриць (3):

$$B = \begin{matrix} & & X_0 & W_1^{FE} & W_2^{FE} & \dots & W_N^{FE} & Y_0 \\ X_0 & \left( \begin{matrix} 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_1^{FE} & \dots & C_1 & \dots & \dots & \dots \\ W_2^{FE} & \dots & \dots & C_2 & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_N^{FE} & \dots & \dots & \dots & \dots & C_N \\ Y_0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \end{matrix} \right) & & & & \end{matrix} \quad (3)$$

На головній діагоналі розташовані матриці суміжностей функціональних елементів  $(C_1, \dots, C_N)$ , за винятком нульових матриць впливу входу і виходу несправного об'єкта діагностики один на одного. На місці  $A$  розташовані підматриці впливу відповідно входів і виходів об'єкта дослідження і функціональних елементів на самих себе.

Вважаємо, що зв'язки між різними функціональними елементами є завжди в справному стані. Якщо необхідно перевірити зв'язки між функціональними елементами на вихід з ладу, їх необхідно задати як окремі функціональні блоки.

Вагою вершини  $s \in W^{DU}$  по виходу  $k \in Y_0$  будемо вважати число  $V$ , яке буде характеризувати значущість перевірки вершини  $s$  у разі неправильного сигналу на виході  $k$ .

Оцінкою  $O_s^k$  вершини  $s \in W^{DU}$  по виходу  $k \in Y_0$   $k \in Y_0$  є булева змінна, що відповідає умовам, представленим нижче (4):

$$O_s^k = \begin{cases} 1, & \text{якщо вершина } s \text{ є вершиною, що призводить до нормальної роботи на виході } k \\ 0, & \text{якщо вершина } s \text{ є вершиною, що призводить до несправності на виході } k. \end{cases} \quad (4)$$

Функція  $F_s$  за умови необхідності перевірки вершини  $s$ -го елементу  $FE_i$  являє собою диз'юнкцію логічних оцінок по виходу функціональних елементів виходу несправного пристрою  $O_s^{l^*}, \dots, O_s^{l^{**}}$ , за яким спостерігається відмова або некоректність сигналу, і всіх виходів об'єкта діагностики з оцінками  $O_s^{k^*}, \dots, O_s^{k^{**}}$ , в яких вихідні значення лежить у межах допуску (5):

$$F_s = (O_s^{l^*} + \dots + O_s^{l^{**}}) + (O_s^{k^*} + \dots + O_s^{k^{**}}). \quad (5)$$

Усі виходи об'єкта діагностики мають бути доступні для дослідження та замірів. Тоді, описуючи таким чином модель об'єкта діагностики, можливо визначити порядок перевірки елементів на несправність[2].

#### Алгоритм програмного компонента діагностичної системи СК БпАК.

Спробуємо розглянути алгоритм визначення значущості перевірки функціональних складових при несправності на одному із виходів (рис. 2).

Нехай  $M$  буде допоміжною змінною, яка служить для накопичення значень перевірки вершин та зростає при виконанні алгоритму.

Усі вершини, в результаті функціонування алгоритму, мають певну вагу, що відповідає задачам перевірки. Після цього присвоюємо логічним оцінкам  $O_s^k$ , для яких  $V_s^k > 0$ , логічний «0», що є показником можливого існування несправності у відповідній вершині. Так само проводимо перевірку для виходів, які мають значення в межах норми, присвоївши логічну «1», що є показником справності відповідного виходу.

Блок-схема на рис. 3 являє собою алгоритм роботи етапу корегування ваги після їх оцінки базовим методом.

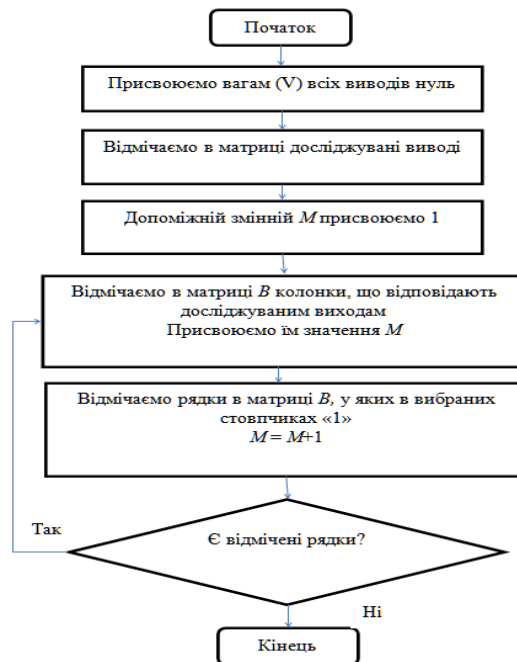


Рис. 2. Алгоритм зважування виводів функціональних елементів

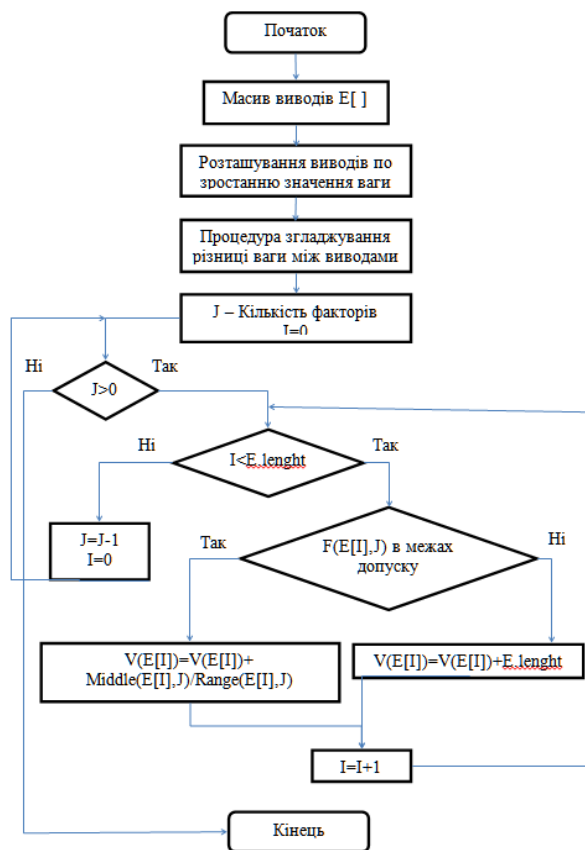


Рис. 3. Блок-схема етапу корегування ваги

Обчислюємо значення функції  $F_s$  для всіх виходів та визначаємо необхідність дослідження того чи іншого виходу. Якщо значення  $F_s = 0$ , то вихід потребує перевірки. Якщо  $F_s = 1$ , то при складанні сигналу хоча б одного із виходів об'єкта діагностування, вихід видає стандартний відклик і не потребує перевірки. Це надає змогу зменшити сукупність функціональних блоків, які необхідно перевірити. [2]

Після визначення виводів, що потребують перевірку, та їхньої ваги починається наступний етап корегування ваг.

Після базового зважування необхідно переконатись у впорядкуванні ваги по порядку, тому що вони приходять у випадковому порядку.

На рис. 4 наведено приклад розташування виводів згідно з вагою, отриманою від базового алгоритму. Значення ваги має досить велику різницю, тому що це частина виводів, які підлягають перевірці. Слід зауважити, що процес зважування проходять усі виходи в електронному пристрої, які хоч якось можуть вплинути на роботу виходу.

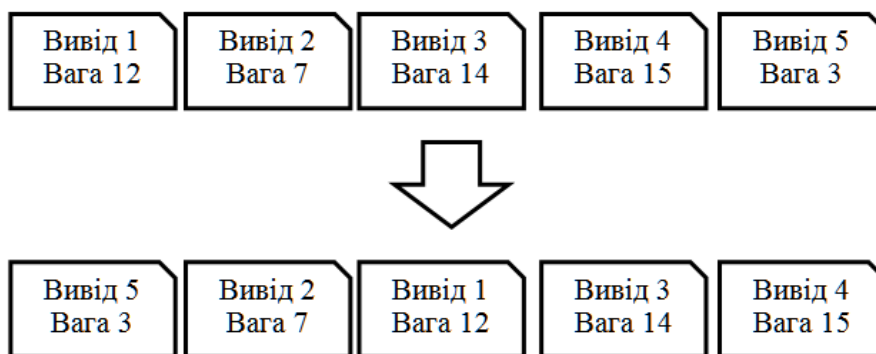


Рис. 4. Приклад перестановки виводів

Далі необхідно провести згладжування значень ваги. Завданням цього етапу є зменшення різниці ваги виводів (рис. 5). Виводу з найменшою вагою присвоюємо значення рівне одиниці, наступному за ним – двійки і так далі, на кожному кроці збільшуючи значення ваги на один доти, доки не будуть перебрані всі виводи. У результаті цієї процедури ми зберігаємо логічну відповідність між вагами виводів і зменшуємо різницю, що може нам заважати на наступному етапі алгоритму [2].

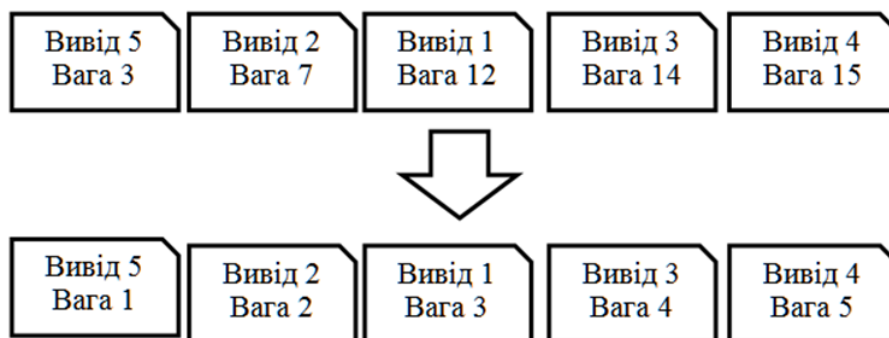


Рис. 5. Приклад процедури згладжування значень ваг

Масив **E** – це всі виводи, що необхідно перевірити, які визначені базовим алгоритмом. Змінна **J** – це кількість зовнішніх факторів, за якими проводиться корегування ваги.

Кількість зовнішніх факторів має бути як мінімум один, або більше. Порядок нумерації зовнішніх факторів не має значення і може бути змінений без наслідків.

Змінна **I** слугує в ролі лічильника для послідовного перебору елементів масиву.

Функція **F(E[I], J)** повертає булеве значення, що показує, чи має фактор **J** значення в межах допуску для досліджуваного виводу **E[I]**. Під межами допуску слід розуміти мінімальну та максимальну межу значення конкретного фактора для обраного виводу [2].

У результаті роботи алгоритму отримуємо набір виводів зі скоректованим значенням ваги, які необхідно перевіряти в разі появи несправності на конкретному виході елемента СК БпАК, що діагностується.

**Висновки відповідно до статті.** Сформульовано та надано математичний опис методу технічної діагностики елементів СК БпАК. Доведено, що діагностика елементів СК БпАК, структура яких може бути відображена на орієнтований граф, можлива з використанням запропонованого методу.

Наведено алгоритм програмного компоненту діагностичної системи СК БпАК, реалізація якого дозволить виконати діагностування обладнання, моніторинг параметрів та характеристик стану СК БпАК у процесі її функціонування.

#### Список використаних джерел

1. Нікітенко Є. В. Автоматизована система діагностики комплексу електронно-променевого зварювання / Є. В. Нікітенко // Вісник Національного авіаційного університету. – 2013. – № 2 (55). – С. 157–162.
2. Нікітенко Є. В. Метод пошуку несправностей в складних електронних приладах з урахуванням зовнішніх факторів / Є. В. Нікітенко // Математичні машини і системи. – 2014. – № 1. – С. 70–79.
3. Енциклопедія сучасної України : в 25 т. / гол. редкол. І. М. Дзюба та ін. – К., 2005. – Т. 4. – 699 с.
4. Czichos H. Technical Diagnostics: Principles, Methods, and Applications / H. Czichos // NCSLI Measure: The Journal of Measurement Science. – 2014. – Vol. 9. – Issue 2. – Pp. 32-40. DOI: <https://doi.org/10.1080/19315775.2014.11721681>.
5. Основы военно-технических исследований. Теория и приложения: монография : [в 4 т.]. Т. 4. Методология исследования сложных систем военного назначения / С. В. Лапицкий, А. В. Кучинский, А. И. Сбитнев [и др.] ; ред.: С.В. Лапицкий. – К., 2013. – 477 с.

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

6. Covert Drone War: The Bureau of Investigative Journalism [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.thebureauinvestigates.com/category/projects/drones>.

7. Алгоритмы: построение и анализ / Т. Х. Кормен, Ч. И. Лейзерсон, Р. Л. Ривест, К. Штайн. – 3-е издание. – М. : Вильямс, 2013. – 1328 с.

## References

1. Nikitenko, Ye. V. (2013). Avtomatyzovana systema diahnostryky kompleksu elektronno-promenevoho zvariuvannia [Electron beam welding complex diagnostics automated system]. *Visnyk Natsionalnoho aviatsiinoho universytetu – Proceedings of the National Aviation University*, 2(55), 157–162 [in Ukrainian].

2. Nikitenko, Ye. V. (2014). Metod poshuku nespravnosti v skladnykh elektronnykh pryladakh z urakhuvanniam zovnishnikh faktoriv [Searching method of failure in high-end technology taking into account external factors]. *Matematychni mashyny i systemy – Mathematical machines and systems*, 1, 70–79 [in Ukrainian].

3. Dziuba, Y. M. (Eds.). *Entsyklopediia suchasnoi Ukrainy [Encyclopedia of modern Ukraine]* (2005). Kyiv [in Ukrainian].

4. Czichos, H. (2014). Technical Diagnostics: Principles, Methods, and Applications. *NCSLI Measure: The Journal of Measurement Science*, 9 (2). DOI: <https://doi.org/10.1080/19315775.2014.11721681> [in English].

5. Lapitckii, S. V. (2013). Osnovy voenno-tekhnicheskikh issledovaniy. Teoriia i prilozheniia [Fundamentals of military-technical research. Theory and applications]. *Metodologiiia issledovaniia slozhnykh sistem voennogo naznacheniia – Methodology for the study of complex military systems* (Vols. 4). Moscow: KNAU [in Russian].

6. Covert Drone War: The Bureau of Investigative Journalism. *thebureauinvestigates*. Retrieved <http://www.thebureauinvestigates.com/category/projects/drones> [in English].

7. Kormen, T. Kh., Leizeron, Ch. I., Rivest, R. L. & Shtain, K. (2013). *Algoritmy: postroenie i analiz [Algorithms: construction and analysis]*. Moscow: Viliams [in Russian].

UDC 004.9

*Olha Bashynska, Yuri Kamak, Sergii Nesterenko*

## METHOD OF DIAGNOSTICS OF THE CONTROL SYSTEM COMPONENTS BY UNAVAILABLE AVIATION COMPLEX

**Urgency of the research.** A promising direction in the development of software and hardware technical diagnostics is the use of intellectual components in their composition. The known means of technical diagnostics are oriented towards the solution of individual highly specialized diagnostic problems and do not provide a sufficient level of universality, therefore the problem of improving the efficiency of diagnostics due to the development and improvement of intellectual means is quite urgent and requires further research. Also relevant is the study of the effect of various factors on the operation of components of the unmanned aviation complex (UAC) control systems.

**Target setting.** Modern control systems of an unmanned aviation complex are complicated complexes in which there is a close interaction of different types of subsystems. The use of UAC in high-tech areas requires the provision of a high level of reliability of the operation of UAC control system and its components. One of the means of increasing the reliability of work is the development and implementation of effective software and hardware diagnostic tools.

**Actual scientific researches and issues analysis.** To date, in the global automation of devices and their complexes, the problem of troubleshooting through automated systems is becoming increasingly relevant day by day. Devices and their complexes become more complex and require more detailed troubleshooting when troubleshooting. That is why this issue has drawn attention to many scholars. For example, E. V. Nikitenko, not once draws attention to the study of automated troubleshooting problems in electronic devices [1; 2].

**Uninvestigated parts of general matters defining.** Development of a method for diagnosing components of the UAC control system on the basis of a generalized mathematical model of a diagnostic device.

**The research objective.** The main article target is to build of the generalized mathematical model of the hardware-software diagnostic device and description of the software component for the diagnostic complex of the of the UAC control system.

**The statement of basic materials.** For the technical diagnostics of the components of the control system of the UAC, a method is proposed that considers each element of the UAC control system in the form of an oriented graph of cause-effect relationships. Developed the algorithm of the software component of the diagnostic system of UAC control system.

**Conclusions.** A mathematical description of the diagnostic method for the elements of the UAC control system is given. Developed the algorithm of the software component for the diagnostic system of UAC control system.

**Keywords:** unmanned aviation vehicles; unmanned aviation systems; UAC control system; reliability; diagnostics.

Fig.: 5. Bibl.: 7.



УДК 004.9

Ольга Башинская, Юрий Камак, Сергей Нестеренко

**МЕТОД ДИАГНОСТИКИ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
БЕСПИЛОТНЫМ АВИАЦИОННЫМ КОМПЛЕКСОМ**

**Актуальность темы исследования.** Перспективным направлением развития программно-аппаратных средств технической диагностики является использование в их составе интеллектуальных компонентов. Известные средства технической диагностики ориентированы на решение отдельных узкоспециализированных диагностических задач и не обеспечивают достаточного уровня универсальности, поэтому проблема повышения эффективности диагностики за счет разработки и усовершенствования интеллектуальных средств достаточно актуальна и требует дальнейших исследований. Также актуальным является исследование влияния разных факторов на работу компонентов системы управления беспилотным авиационным комплексом.

**Постановка проблемы.** Современные системы управления беспилотным авиационным комплексом являются сложными комплексами, в которых происходит тесное взаимодействие подсистем разных типов. Использование БПАК в высокотехнологичных сферах требует обеспечения высокого уровня надежности функционирования СК БПАК и ее компонентов. Одним из средств повышения надежности работы является разработка и внедрение эффективных программно-аппаратных средств диагностирования.

**Анализ последних исследований и публикаций.** На сегодняшний день в условиях глобальной автоматизации устройств и их комплексов, вопросы поиска неисправностей с помощью автоматизированных систем с каждым днем становятся все более актуальными. Устройства и их комплексы становятся более сложными и требуют более глубокой детализации при поиске неисправностей. Именно поэтому этот вопрос обратил внимание множества ученых. Так, например, Е. В. Никитенко не раз обращал внимание на изучение проблем автоматизированного поиска неисправностей в электронных приборах [1; 2].

**Выделение неисследованных частей общей проблемы.** Разработка научно обоснованной методологии технической диагностики элементов системы управления БПАК.

**Постановка задачи.** Разработка метода диагностирования компонентов СК БПАК на базе обобщенной математической модели программно-аппаратного устройства диагностики.

**Изложение основного материала.** Для проведения технической диагностики компонентов системы управления БПАК предлагается метод, который рассматривает каждый элемент СК БПАК в виде ориентированного графа причинно-следственных связей. Разработан алгоритм программного компонента диагностической системы СК БПАК.

**Выводы по статье.** Приведено математическое описание метода диагностики элементов СК БПАК. Разработан алгоритм программного компонента диагностической системы СК БПАК.

**Ключевые слова:** беспилотные летательные аппараты; беспилотные авиационные комплексы; система управления БПАК; надежность; диагностика.

Рис.: 5. Библ.: 7.

**Башиńska Ольга Олександрівна** – аспірант кафедри інформаційних та комп'ютерних систем, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

**Башинская Ольга Александровна** – аспірант кафедри інформаційних та комп'ютерних систем, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, г. Чернігів, 14035, Україна).

**Bashynska Olga** – PhD student of the Information and Computer Systems Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenko Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** bashinskaolga@gmail.com

**Камак Юрій Олександрович** – начальник відділу Державного науково-випробувального центру Збройних Сил України (вул. Стрілецька, 1, м. Чернігів, 14033, Україна).

**Камак Юрий Александрович** – начальник отдела Государственного научно-испытательного центра Вооруженных Сил Украины (ул. Стрелецкая, 1, г. Чернигов, 14033, Украина).

**Kamak Yuri** – Head of Division in the State Scientific and Testing Centre of the Armed Forces of Ukraine (1 Striletska Str., 14033 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** dnvc@meta.ua

**Нестеренко Сергій Олександрович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних та комп'ютерних систем, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

**Нестеренко Сергей Александрович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных и компьютерных систем, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченка, 95, г. Чернигов, 14035, Украина).

**Nesterenko Sergii** – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Information and Computer Systems Department, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenko Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** cranoxy@gmail.com