

УДК 519.816

В.В. Арделян¹, Д.М. Обідін¹, А.П. Мусієнко²¹ Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету, Кіровоград² Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

ОБҐРУНТУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕСТОВОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ПІЛОТАЖНО-НАВІГАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ ПОВІТРЯНОГО СУДНА

Досліджено та обґрунтовано метод тестового діагностування елементів пілотажно-навігаційного комплексу повітряного судна, який в повній мірі визначається характером організації діагностичного ядра. Встановлено основну особливість тестового діагностування елементів пілотажно-навігаційного комплексу.

Ключові слова: функціональна стійкість, елементи пілотажно-навігаційний комплекс, діагностичне ядро, тестове діагностування.

Вступ

В основі забезпечення функціональної стійкості інтелектуальних розподілених систем управління повітряним судном лежать процедури підтримання у валідному стані елементів пілотажно-навігаційного комплексу, що може бути вирішено через організацію динамічного діагностування під час їх застосування.

Пілотажно-навігаційний комплекс (ПНК) – це комплекс бортового обладнання, що забезпечує вирішення завдань пілотування і навігації літака або вертольота (згідно з ГОСТ 22837 77).

Принцип побудови ПНК заснований на створенні резервованих і повністю контрольованих трактів, починаючи від датчиків інформації і закінчуючи виконавчими елементами, що забезпечує необхідну надійність й відмовостійкість та зниження впливу відмов на безпеку польотів.

Для найбільш відповідальних, з точки зору безпеки, режимів система синтезується, як правило, троїрованою, а для менш відповідальних – дубльованою. При цьому частота виникнення відмови будь-якої системи, що приводить до катастрофічної ситуації, не повинна перевищувати 10^{-9} на 1 годину польоту.

Для забезпечення функціональної стійкості доцільно представити пілотажно-навігаційний комплекс у вигляді сукупності елементів, до яких відносяться інформаційні датчики, спеціальні обчислювачі, виконавчі пристрої.

При цьому, вважається, що кожен елемент ПНК є інтелектуальним, побудованим на базі процесора з пам'яттю, а також може виконувати тестові перевірки своєї працездатності.

Аналіз публікацій. Проблема забезпечення стійкості функціонування складних інтелектуальних систем вперше була поставлена в роботі О.А. Машкова [1]. В цій роботі О.А. Машков вперше ввів термін «функціональна стійкість».

Ключові положення теорії функціональної стійкості потім були розвинені в роботах О.В. Барабаша [2, 3] та інших.

Аналіз різних варіантів побудови систем діагностування елементів пілотажно-навігаційного комплексу показав, що найбільш прийнятною є організація тестового діагностування за принципом ймовірного діагностичного ядра [4 – 6]. Це обумовлено тим, що даний метод дозволяє виконувати діагностування елементів пілотажно-навігаційного комплексу постійно, через невеликі проміжки часу, в процесі функціонування об'єкта за призначенням. Такий метод діагностування отримав назву динамічного децентралізованого діагностування.

Суть динамічного децентралізованого діагностування полягає в наступному. Елементарні перевірки окремих елементів пілотажно-навігаційного комплексу з боку інших модулів виконуються у випадкові моменти часу.

Обмін діагностичною інформацією про структуру діагностичних зв'язків і результати перевірок проводиться між елементами на основі способу умовної передачі результатів елементарних перевірок.

Кожен елемент, отримуючи діагностичну інформацію, формує ознаку достатності для проведення алгоритму дешифрування отриманої інформації діагностування.

В якості ознаки достатності використовується ймовірність видачі результату на основі отриманого синдрому (множина результатів елементарних перевірок).

При відповідності вказаної ознаки оптимальному значенню, елемент пілотажно-навігаційного комплексу виконує алгоритм дешифрування діагностичної інформації і визначення семантичного стану всіх елементів, а також міжелементних зв'язків пілотажно-навігаційного комплексу.

Розробка методики динамічного децентралізованого діагностування елементів пілотажно-навіга-

ційного комплексу передбачає вирішення таких завдань:

- 1) визначення основних елементів динамічно-децентралізованого діагностування;
- 2) розробку діагностичної моделі ПНК, що враховує випадкову структуру діагностичних зв'язків;
- 3) розробку методики накопичення діагностичної інформації і визначення елемента ПНК, який виконуватиме алгоритм дешифрування діагностичної інформації;
- 4) обчислення ознаки достатності діагностичної інформації для виконання алгоритму;
- 5) розробку алгоритму дешифрування, що дозволяє визначити стан елементів ПНК.

Мета статті полягає у дослідженні та обґрунтуванні методу тестового діагностування системи, який в повній мірі визначається характером організації діагностичного ядра.

Основна частина

Забезпечення функціональної стійкості пілотажно-навігаційного комплексу пропонується здійснювати за рахунок впровадження трьох етапів, які запропонував професор Машков О.А. [1]:

- 1) виявлення позаштатної ситуації;
- 2) локалізація позаштатної ситуації;
- 3) відновлення функціонування.

Перший етап має виконуватись на основі технічного діагностування та є найбільш важливим з точки зору зменшення впливу на безпеку польотів.

Для розробки системи технічного діагностування елементів пілотажно-навігаційного комплексу необхідно дослідити та обрати математичну модель процесу діагностування, яка базується на понятті діагностичного ядра.

Діагностичне ядро – це комплекс апаратних і програмних засобів, на який покладаються завдання виконання тестових перевірок, аналізу результатів перевірок всіх елементів системи, а також видачі результатів контролю та діагностування системам-споживачам.

У загальному вигляді поняття діагностичного ядра може бути формалізоване таким чином

$$D(M_D, T_D) \subset R(M, T), \quad M_D \subset M, \quad T_D \subset T,$$

$$R = \{M^i \times T^j \mid i = [1, I], j = [1, J]\},$$

$$M_D : \{ \min |M| / \forall S_i \in S \exists \{\tau_i\} \in T \} \cap M_A,$$

$$T_D = \bigcup_i \{\tau_i\}, \quad i = 1, \dots, N,$$

де M_A – апаратні засоби, на які покладено завдання аналізу діагностичної інформації;

M, T – базисні множини апаратних і програмних компонентів, таких, що забезпечують перевірку будь-якого елемента ПНК;

S – множина апаратних компонентів усього ПНК;

M_D, T_D – множина апаратних і програмних компонентів діагностичного ядра;

$\{\tau_i\}$ – підмножина програмних компонентів, що забезпечують перевірку семантичного стану S_i -го апаратного компонента ПНК.

Залежно від результатів перевірок і часу утворення діагностичного ядра, тестове діагностування може бути організовано на основі таких принципів:

1) централізованого діагностичного ядра (рис. 1), при якому виділяється або призначається частина апаратних засобів для діагностування всього пілотажно-навігаційного комплексу:

$$M_D \in S, \quad S \setminus M_D \neq \emptyset, \quad M_D = M_D^* = \text{const},$$

де S – множина апаратних компонентів ПНК;

M_D – множина апаратних компонентів діагностичного ядра, призначених після виконання перевірок в системі;

M_D^* – множина заздалегідь призначених апаратних компонентів діагностичного ядра.

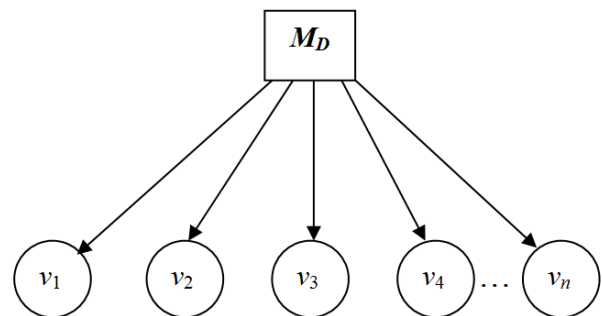


Рис. 1. Модель організації діагностування пілотажно-навігаційного комплексу за принципом централізованого діагностичного ядра

2) діагностичного ядра (рис. 2), що розширюється, при якому діагностується перевіряючий елемент пілотажно-навігаційного комплексу (проблема "сторожа над сторожем"):

$$M_D \in S,$$

$$S \setminus M_D \neq \emptyset,$$

$$M_D = M_D^* \cup \Gamma(M_D^*) \cup \dots \cup \Gamma^n(M_D^*),$$

де $\Gamma(M_D^*)$ – множина компонентів діагностичного ядра, які можуть бути перевірені з боку іншої частини діагностичного ядра;

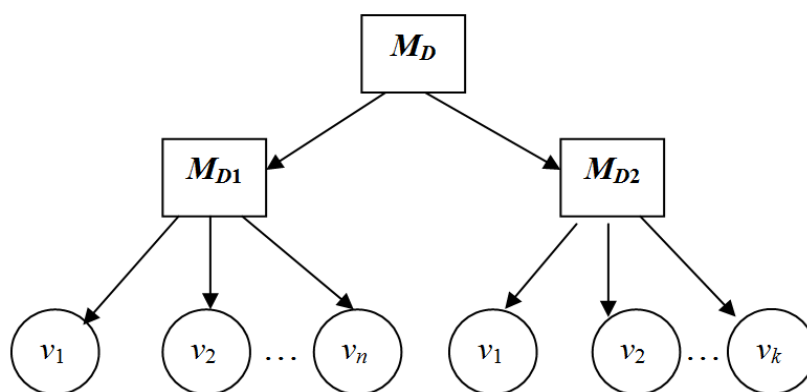


Рис. 2. Модель організації перевірки пілотажно-навігаційного комплексу за принципом діагностичного ядра, що розширюється

3) розподіленого діагностичного ядра лані по всім елементам пілотажно-навігаційного комплексу: (рис. 3), при якому всі діагностичні засоби розподі-

$$M_D \in S, S \setminus M_D = \emptyset;$$

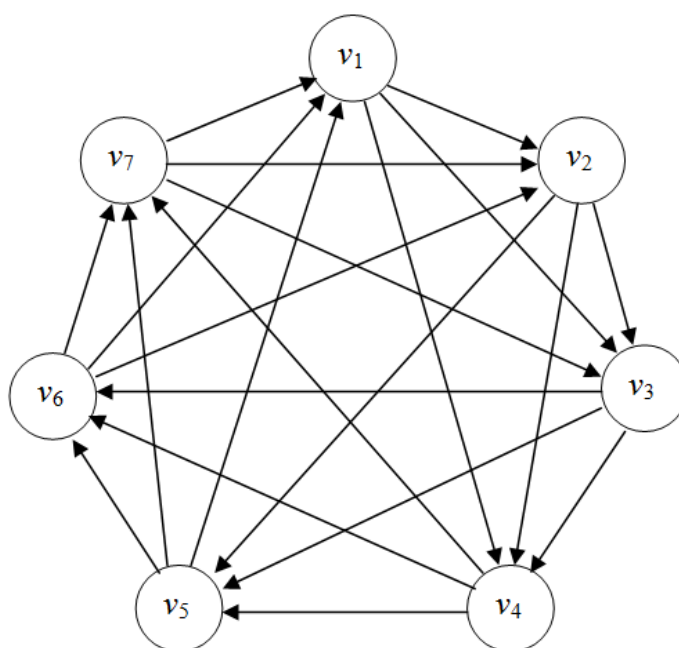


Рис. 3. Модель організації перевірки пілотажно-навігаційного комплексу за принципом розподіленого діагностичного ядра: кожен v_i перевіряє $v_{i+1}, v_{i+2}, \dots, v_{i+t}$, де $t = \lfloor n / 2 \rfloor$

4) ймовірного діагностичного ядра (рис. 4), при якому всі засоби розподілені по всіх елементах пілотажно-навігаційного комплексу, а діагностична інформація, що накопичується, пере-силається по системі разом з результатами перевірок, які виконуються у випадкові моменти часу:

$$M_D \in S, S \setminus M_D \neq \emptyset, M_i \leftarrow t_{ij},$$

де t_{ij} – остання елементарна перевірка в системі;

M_i – i -й елемент пілотажно-навігаційного комплексу, що виконав останню перевірку в системі і реалізує функцію діагностичного ядра.

Успішне виконання функцій, що покладаються на діагностичне ядро системи, залежить від чинників:

1) апаратні і програмні компоненти ядра мають бути коректні і працювати коректно;

2) повинно бути забезпечено і реалізовано взаємодія ядра і ПНК.

Отже ймовірність правильної оцінки семантичного стану елементів ПНК може бути визначено таким чином:

$$P_{ПР} = P_D \cdot P_{D-ПНК},$$

де P_D – ймовірність правильного виконання діагностичним ядром своїх функцій або ймовірність того, що число компонентів діагностичного ядра буде достатнім для реалізації його функцій;

$P_{D-ПНК}$ – ймовірність реалізації необхідної взаємодії між ядром і ПНК.

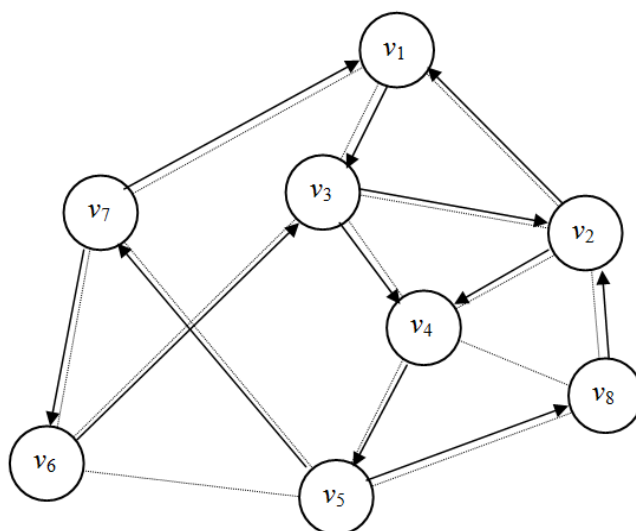


Рис. 4. Модель організації перевірки
пілотажно-навігаційного комплексу за принципом ймовірнісного діагностичного ядра:
----- – лінії зв'язку структури ПНК; —————> – шляхи проведення елементарних перевірок

Висновок

Отже, основною особливістю тестового діагностування елементів пілотажно-навігаційного комплексу повітряного судна є можливість діагностування на основі розосередженої структури пілотажно-навігаційного комплексу, в якій кожен елемент може послати тестовий запит лише суміжним елементам.

При цьому структура діагностичних зв'язків є випадковою, а діагностичне ядро переміщується у системі випадковим чином разом з діагностичною інформацією.

Застосування методу тестового діагностування елементів пілотажно-навігаційного комплексу припускає наявність наступних умов:

пілотажно-навігаційний комплекс може бути поділений на елементи, які мають бути зв'язані між собою і здатні перевіряти один одного;

кожен елемент повинен мати вільні обчислювальні ресурси для виконання перевірок та програмну надмірність для зберігання тестів і їх результатів.

Список літератури

1. Машков О.А. Оптимизация цифровых автоматических систем, устойчивых к отказам / Л.М. Артюшин, О.А. Машков. – К.: КВВАИУ, 1991. – 89 с.
2. Барабаш О.В. Построение функционально устойчивых РИС / О.В. Барабаш. – К.: НАОУ, 2004. – 226 с.
3. Кравченко Ю.В. Функциональная стойкость – vlastivіst' складних ТС / Ю.В. Кравченко, О.В. Барабаш // Труды академії, № 40. – К.: НАОУ, 2002. – С. 225–228.
4. Барабаш О.В. Алгоритм самодіагностування технічного стану вузлів комутації інформаційних систем / О.В. Барабаш, Д.М. Обідін, А.П. Мусієнко // Сучасний захист інформації. – 2014. – № 2. – С. 114 – 121.
5. Барабаш О.В. Аналіз побудови мережі відеоконтролю пунктів митного спостереження на основі функціонально стійкої системи / О.В. Барабаш, С.В. Бодров, А.П. Мусієнко // Зв'язок. – 2014. – № 2. – С. 8 – 11.
6. Барабаш О.В. Модель бази знань інтелектуальної системи управління високошвидкісного рухомого об'єкта на основі її верифікації / О.В. Барабаш, Д.М. Обідін, А.П. Мусієнко // Системи обробки інформації. – X.: ХУПС, 2014. – № 5 (121). – С. 3 – 6.

Надійшла до редколегії 19.05.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Барабаш, Державний університет телекомунікацій, Київ.

ОБОСНОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕСТОВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ВОЗДУШНОГО СУДНА

В.В. Арделян, Д.Н. Обидин, А.П. Мусиенко

Исследован и обоснован метод тестового диагностирования элементов пилотажно-навигационного комплекса воздушного судна, в полной мере определяется характером организации диагностического ядра. Установлено основную особенность тестового диагностирования элементов пилотажно-навигационного комплекса.

Ключевые слова: функциональная устойчивость, элементы пилотажно-навигационного комплекса, диагностическое ядро, тестовое диагностирование.

MATHEMATICAL MODEL SUBSTANTIATION OF TEST DIAGNOSTIC FOR AERONAUTICAL COMPLEX AIRCRAFT

V.V. Ardalian, D.N. Obidin, A.P. Musienko

Method of diagnosing test elements Piloting the aircraft navigation system, which is fully determined by the nature of the diagnostic core, is investigated and proved. The basic feature of the diagnostics test elements of flight and navigation system is determined.

Keywords: functional stability, elements of flight and navigation system, diagnostic core test diagnostics.