

УДК681.51+192:681.3.06

О.В. Шуригін

ЦНДІ озброєння та військової техніки Збройних Сил України, Київ

## МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ АНАЛІЗУ ВІДМОВ В СИСТЕМАХ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ ЗРАЗКІВ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

У статті розглядається питання щодо побудови та використання «дерев відмов» при проведенні аналізу видів і наслідків відмов варіантів структур систем обробки інформації зразків озброєння та військової техніки, що впроваджує методика FMECA відповідно до міжнародних стандартів.

**Ключові слова:** обробка інформації, пошук відмов, резервування, стандарт.

### Вступ

Інформаційна складова в сучасних зразках озброєння та військової техніки (ОВТ) постійно зростає в зв'язку з їх багатофункціональністю. Тому до сучасних систем обробки інформації (СОІ) ОВТ пред'являються високі вимоги до забезпечення надійності обробки інформації. Забезпечення цих вимог здійснюється за рахунок використання високонадійної елементної бази, застосування резервування структур СОІ та побудови інформації. Причому резервування може бути на рівнях структур (каналів), кількості прорахунку результату (часу), кількості версій (програм), що використовуються. Це обумовлює необхідність застосування багатокритеріального підходу до попереднього аналізу безвідмовної роботи СОІ з метою досягнення високої вірогідності отриманого результату вибору.

У процесі імовірнісного аналізу безвідмовності можуть бути допущені прорахунки, якщо всі відмови, які можуть мати місце, будуть розглядатися як незалежні події. Тому значні зусилля затрачаються на виявлення потенційно можливих відмов (подій) за «загальною причиною». Це численні відмови в одній або різних підсистемах, які виникають в результаті єдиної вихідної події. Відомі наступні методи аналізу видів і наслідків відмов: структурні, функціональні, комбіновані. Згідно [1] для кожного порушення функції представляють «дерево відмов», що поширюється на всі елементи структури до заданого рівня розукрупнення. В стандартах, що впроваджують методику FMECA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis) [2, 3] наведені мета аналізу, основні правила проведення аналізу відмов і їхнього узагальнення по видах і ступеню критичності, форми документування результатів аналізу для аналітичного звіту. Це можна застосовувати при формуванні багатокритеріального підходу до аналізу безвідмовної роботи СОІ. При наявності чіткої картини причинно-наслідкових зв'язків, які ведуть до відмови, легше визначити рівні й області найбільш раціонального застосування процедур запобігання подій, а також їхню потенційну ефективність. Щоб послідовно проводити перебір можливих шляхів розвитку відмови, будемо використовувати графічний метод «дерева відмов». Цей метод

являє собою логічну діаграму, що пояснює складні процеси і їх взаємозв'язки і застосовується для демонстрації причинно-наслідкових зв'язків, які приводять до різних наслідків. Імовірність різних наслідків визначається частотою вихідної події й імовірністю відмови підсистем, необхідних для забезпечення безвідмовності. У загальному випадку може бути  $2^n$  шляхів розвитку відмови, якщо на його протікання впливають  $n$  незалежних підсистем, кожна з яких може перебувати в одному із двох станів: працездатному й непрацездатному. При наявності зв'язків між підсистемами окремі шляхи можуть бути опущені як нелогічні, що дозволяє «спростити дерево подій».

**Метою роботи** є виявлення конструкційних відмов на ранніх стадіях конструювання виробів для прийняття необхідних заходів з їх виключення або максимального зниження ваги їхніх наслідків.

### Основний розділ

Розглянемо варіанти дубльованих структур з версійно-часовою надмірністю (ДСВЧН) без вбудованих засобів контролю. При розгляді дискретних станів будемо користуватися тільки деревом станів. Вершини дерева будуть відповідати станам системи. Сукупність структур, представлених у табл. 1, включає одну одноверсійну структуру (стовпець 1), три двоверсійних структури (стовпці 2 – 4), чотири трьохверсійних структури (стовпці 5 – 8) і одну чотирьохверсійну структуру (стовпець 9). Можливі й інші варіанти двох- і трьохверсійних структур. Однак, вони або еквівалентні варіантам структур, наведеним у таблиці, і відрізняються тільки позначенням версій (наприклад, структура  $V=\{A, A; B, B\}$  еквівалентна структурі, розташованій в п'ятому стовпці таблиці), або практично недоцільні (наприклад структура  $V=\{A, A; A, B\}$ ).

Реконфігурація ДСВЧН проводиться при відмовах, збоях апаратних засобів і прояву дефектів проектування (ДП) програмних засобів за результатами порівняння виконання функцій першим і другим каналами на першому  $[0, \tau]$  і другому  $[\tau, 2\tau]$  часових інтервалах, порівняння послідовного виконання функції одним каналом в двох часових інтервалах та перехресного порівняння виконання функ-

цій каналами в різні часові інтервали. Перша позиція індексу  $i$  версії  $V_{ij}$  вказує на номер каналу, друга  $j$  – на номер часового інтервалу. Якщо при пер-

шому прорахунку результату на інтервалі  $[0, \tau]$  результати збігаються повторний прорахунок на інтервалі  $[\tau, 2\tau]$  не проводиться.

Таблиця 1

Варіанти дубльованих структур з версійно-часовою надмірністю

$V_{ij}$	Варіанти структур									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
$V_{11}$	A	A	A	A	A	A	A	Б	А	А
$V_{12}$	A	Б	А	Б	В	В	Б	Б	В	В
$V_{21}$	A	A	Б	Б	А	Б	А	В	Б	Б
$V_{22}$	A	Б	Б	А	Б	В	В	А	Г	Г

Аналіз ДСВЧН [4] представлених у табл. 1 показав, що найкращою є структура  $V = \{A, B, B, A\}$  при трьохверсійному виконанні функцій. При двохверсійному виконанні функцій кращою є структура  $V = \{A, B, B, A\}$ . Кращі структури були вибрані за результатами розрахунку детермінованих показників при прояві одиночних дефектів.

Дефект – будь-яка невідповідність версії вимогам специфікації, результат помилки, допущеної при

розробці. Прояв дефекту при використанні системи (реалізації версії) веде до помилки обчислювального або керуючого процесу, тобто має місце збій або відмова й система переходить у несправний або непрацездатний стан [5].

На рис. 1 представлено дерево відмов структури  $(A, B, B, A)$  при двохверсійному виконанні функцій. При трьохверсійному виконанні функцій дерево відмов структури  $(A, B, B, A)$  відображене на рис. 2.

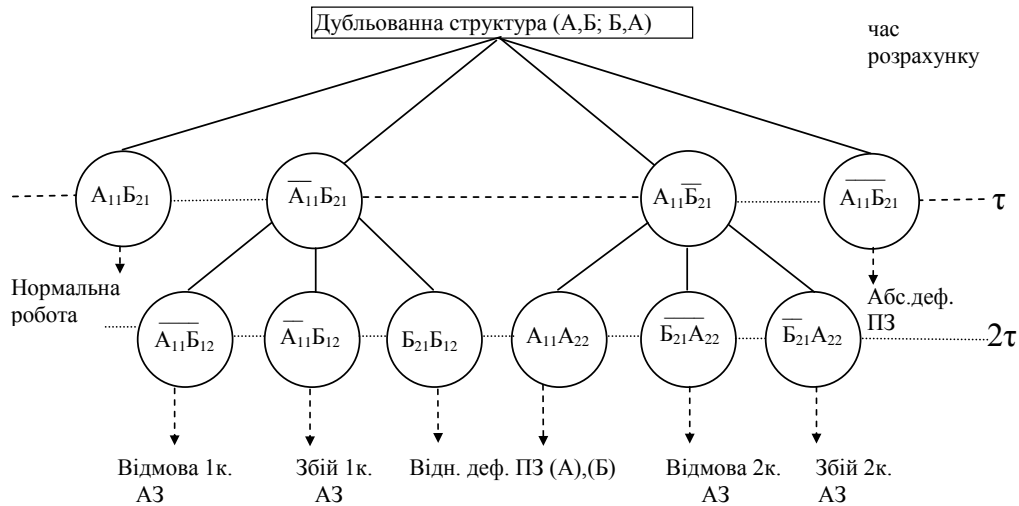


Рис. 1. Дерево відмов дубльованої структури  $(A, B, B, A)$

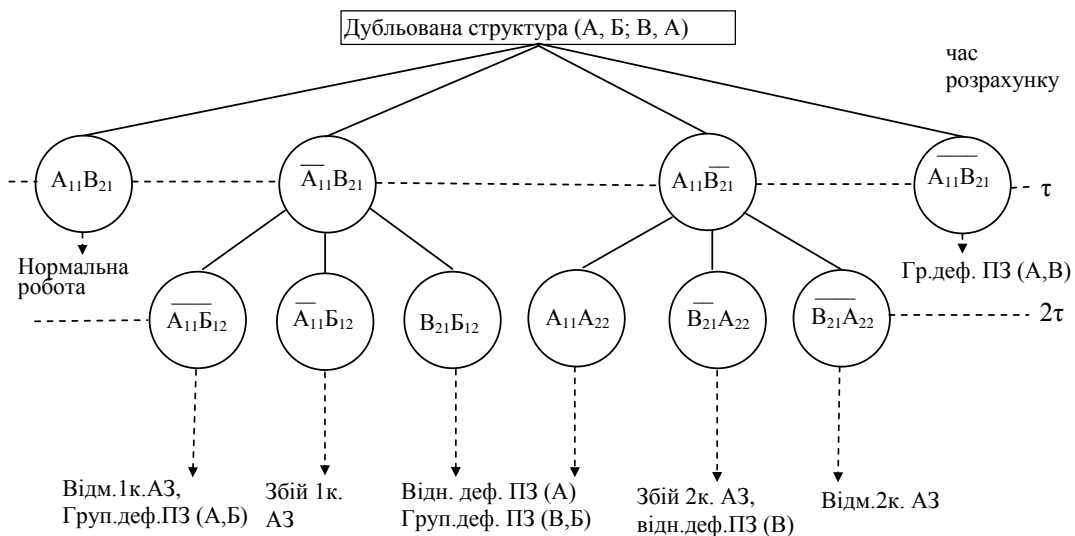


Рис. 2. Дерево відмов дубльованої структури  $(A, B, B, A)$

Вершинами на дереві показані логічні стани апаратно-програмних версій, які можуть бути в різні моменти часу. Стрілками показані переходи з одного логічного стану в можливі наступні згідно послідовності порівняння результатів. Унизу перераховані групи можливих одиноких подій. Інверсією над варіантом апаратно-програмної версії позначається прояв дефектів проектування ДП.

На рис. 3 відображене дерево відмов чотирихверсійної структури (А,Б,В,Г).

Аналіз «дерева відмов» ДСВЧН пропонується проводити відповідно алгоритму проведення аналізу наведеному на рис. 4. Алгоритм включає три методи: дослідження, булевого скорочення, визначення мінімального перерізу [6]. Кількісна оцінка імовірності відмови системи проводиться за результатами визначення мінімальної множини групи відмов і використовується для підтримки і доповнення логічного аналізу.

Для встановлення кількісних значень можна використовувати статистичні випробування або данні з експлуатації.

За результатами аналізу «дерева відмов» дубльованих структур з різною кількістю програмних версій виконання функції можна зробити наступні висновки. Небезпеку в багатоверсійних структурах (кількість програмних версій дві й більше) несуть групі (частково групі) дефекти ПЗ (рис. 3). Часткова частка їх від загальної кількості можливих дефектів перевищує всі інші. При аналізі структурних рішень таким дефектам варто приділяти увагу.

Вони можуть виявити себе в основний час роботи системи. Одне з запропонованих рішень це використання вбудованого контролю. Тому щоб запобігти виникненню невизначеної ситуації в роботі системи в цілому для багатоверсійних структур, доцільно будувати «дерева відмов» для проведення попереднього аналізу надійності.

### Висновок

Таким чином аналіз відмов реалізований у графічному методі «дерева відмов» сприяє виявленню областей, у яких необхідно прийняти більш активні заходи щодо зменшення або запобігання виникненню відмов, що є важливим при проектуванні систем обробки інформації зразків озброєння та військової техніки.

### Список літератури

1. Fault tree analysis (FTA): IEC 61025:1990 – Geneva: International Electrotechnical Commission, 1990 – 27 p. – (міжнародний стандарт).
2. ГОСТ 27.310-95. Аналіз видів наслідків і критичності відмов. Основні положення. – М.: Міждержавний стандарт. – 1995. – 23 с.
3. Analysis techniques for system reliability. Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA): IEC 60812:1985 – Geneva: International Electrotechnical Commission, 1985 – 22 p. – (міжнародний стандарт).
4. Харченко В.С. Детерминированная оценка показателей отказоустойчивости дублированных структур с временной и версионной избыточностью / В.С. Харченко, О.В. Шуригин // *Електронне моделювання*. – 2000. – №3. – С. 41-52.

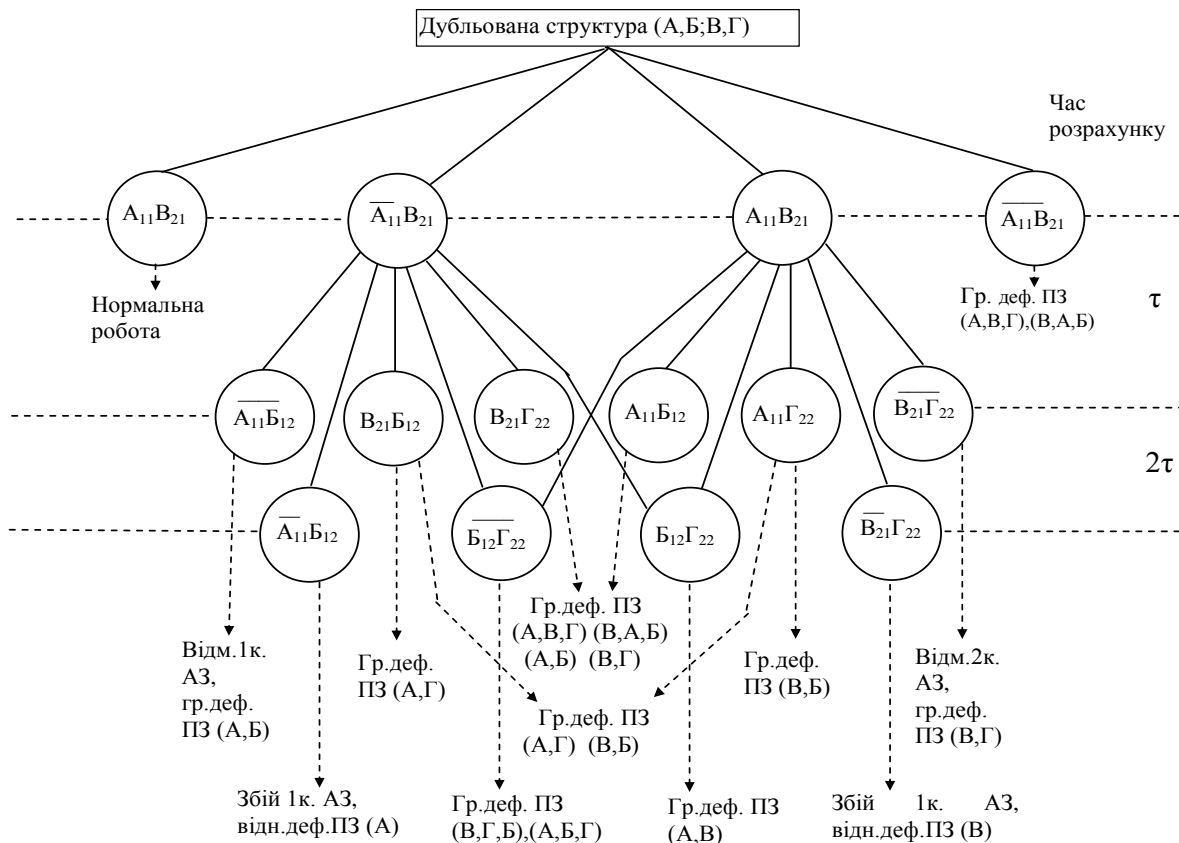


Рис. 3. Дерево відмов дубльованої структури (А,Б; В,Г)

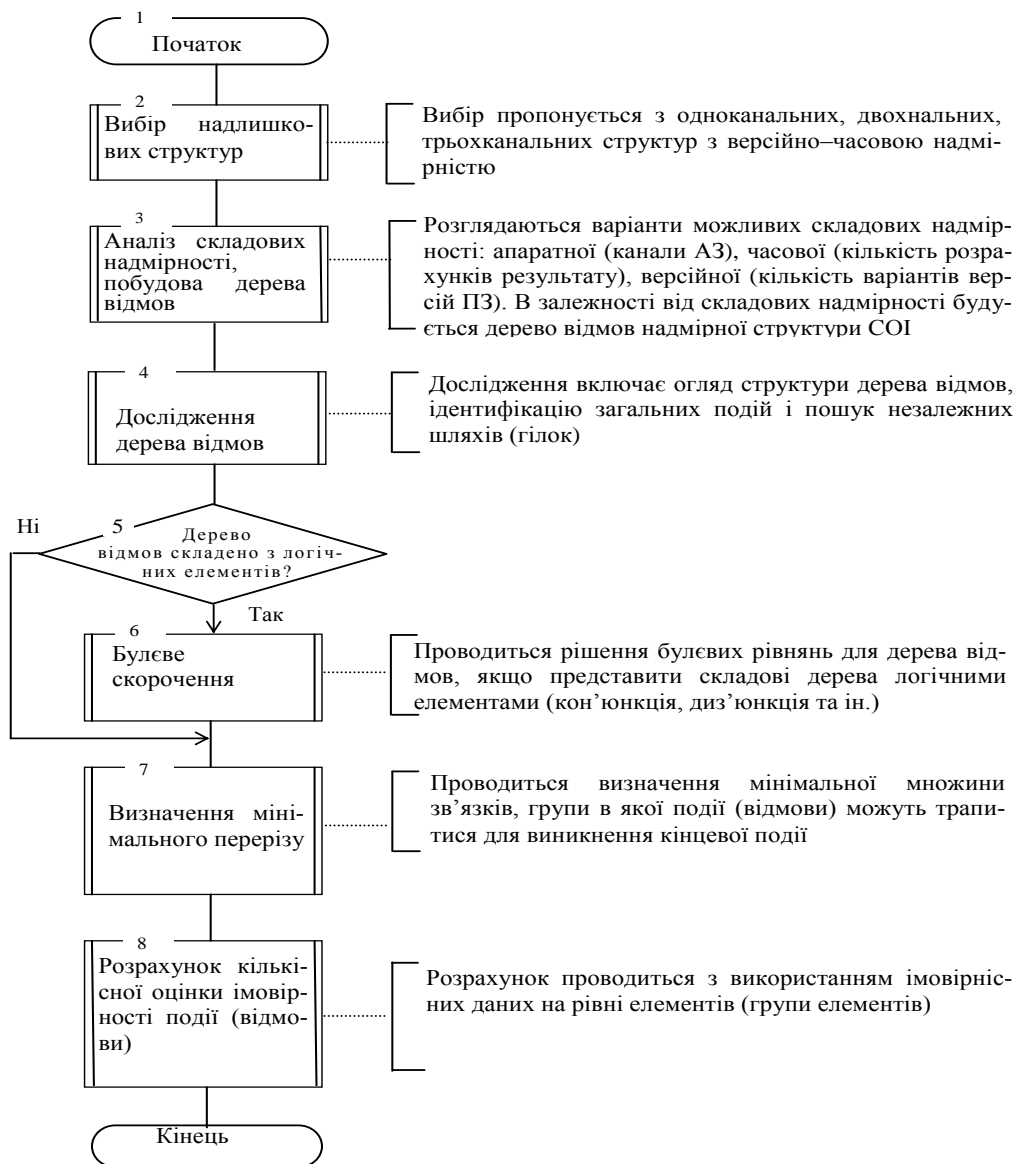


Рис. 4. Алгоритми проведення аналізу дерева відмов багатоканальних структур з версійно-часовою надмірністю

5. Харченко В.С. Теоретические основы дефектоустойчивых цифровых систем с версионной избыточностью / В.С. Харченко // – Х.: ХВУ, 1996. – 506 с.

ємство «Радій», 2008. – 380 с.

Надійшла до редколегії 14.11.2009

6. Відмовобезпечні інформаційно-керуючі системи на програмованій логіці / Є.С. Бахмач, О.А. Сіора, В.С. Харченко, В.В. Скляр та ін. – Х.: Національний аерокосмічний університет «ХАІ», Науково-виробниче підприємство

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.С. Харченко, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського "ХАІ", Харків.

### МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АНАЛИЗА ОТКАЗОВ В СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

О.В. Шуригин

В статье рассматривается вопрос относительно построения и использования «деревьев отказов» при проведении анализа видов и последствий отказов вариантов структур систем обработки информации образцов вооружения и военной техники, которые внедряют методику FMECA в соответствии с международными стандартами.

**Ключевые слова:** обработка информации, поиск отказов, резервирование, стандарт.

### METHODICAL BASES OF ANALYSIS OF REFUSES ARE IN THE SYSTEMS OF TREATMENT INFORMATION STANDARDS OF ARMAMENT AND MILITARY TECHNIQUE

O.V. Shurigin

In the article a question is examined in relation to a construction and use of «trees of refuses» during the leadthrough of analysis of kinds and consequences of refuses of variants of structures of the systems of treatment of information of standards of armament and military technique, inculcate the method of FMECA in accordance with international standards.

**Keywords:** treatment of information, search of refuses, backuping, standard.