

УДК 681.324

*Барабаш Олег Володимирович*  
*Кіреєнко Володимир Володимирович*

## **ВИБІР ПОКАЗНИКІВ ТА КРИТЕРІЇВ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ РОЗВІДКИ ПОВІТРЯНОГО ПРОТИВНИКА ТА ОПОВІЩЕННЯ НА ЕТАПІ ЇЇ ПОБУДОВИ**

### **Постановка проблеми у загальному вигляді**

З метою забезпечення успішного виконання завдань в складних умовах ведення сучасного швидкоплинного бою необхідно підвищити можливості системи розвідки повітряного противника та оповіщення. Іноземним військовим фахівцям цього вдається досягти завдяки оснащенню військ новітніми засобами радіотехнічної та радіолокаційної розвідки та їхнього комплексування.

За умов суттєвих обмежень технічного ресурсу засобів радіотехнічної та радіолокаційної розвідки, зумовлених значним скороченням кількісного складу озброєння та військової техніки та різномісних радіолокаційних станцій зокрема, значно зростають вимоги до системи розвідки повітряного противника та оповіщення. При цьому визначення показників системи розвідки повітряного противника та оповіщення зводиться в основному на приведення структури системи до відповідної схеми у вигляді послідовних та паралельних поєднань елементів системи. Це також не допустимо для складних організаційних систем, якою є система розвідки повітряного противника та оповіщення з великою множиною перехресних зв'язків та взаємовпливом станів окремих елементів.

Тому обґрунтування показників та критеріїв в подальшому дозволять визначити функціональну стійкість системи розвідки повітряного противника та оповіщення.

В теорії надійності [1] визначення показників надійності спирається, в основному, на приведення структури системи до відповідної схеми з великою множиною перехресних зв'язків (постійних та випадкових) та взаємовпливом станів окремих елементів на інші елементи, тобто систем з випадковими структурою та зв'язками. Аналіз функціонування системи розвідки повітряного противника та оповіщення (далі – СРПП) показав, що відомі властивості складних організаційних систем, такі як стійкість,

надійність, живучість, характеризують функціонування системи при впливі відмов та пошкоджень, але не дозволяють у повному обсязі описати процеси функціонування в умовах значних пошкоджень, впливу потоків відмов та несправностей, а також помилок персоналу, що обслуговує та інших внутрішніх та зовнішніх дестабілізуючих впливів.

Відповідно щодо визначення [2], під надійністю системи розуміють здатність зберігати у часі в заданих межах значення параметрів, які характеризують ті властивості, які визначають її здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах.

Поняття надійності тісно пов'язано з поняттям функціональної стійкості. При вирішенні проблеми надійності та чи інша система розглядається з точки зору її функціонування в межах іншої системи – надійність виступає як стійкість тільки у визначеному відношенні, тобто в тому, в якому дана система є підсистемою іншої системи.

Живучість характеризує здатність системи протистояти розвитку критичних відмов при будь-яких умовах експлуатації, в тому числі не передбачених документацією.

### **Формулювання цілей статті. Виклад основного матеріалу**

На основі вище зазначеного, було поставлене таке завдання досліджень: визначити ознаки функціональної стійкості структури СРПП, для кількісної оцінки ступеня функціональної стійкості обґрунтувати показники функціональної стійкості СРПП та на основі запропонованих ознак та показників розробити критерії стійкості структури.

На основі теоретичного підходу, який розроблений в роботі [3], сформулюємо визначення функціональної стійкості СРПП. Під функціональною стійкістю СРПП розуміється властивість системи зберігати в часі виконання бойових завдань за призначенням, в конкретних умовах обстановки, в межах встановлених

нормативними вимогами при впливі потоку експлуатаційних відмов, збоїв, пошкоджень, втручання в обмін інформацією, а також помилок бойової обслуги.

Для системи розвідки повітряного противника приймемо, що система повинна виконувати дві основні функції:

обробку, видачу необхідної розвідувальної та бойової інформації;

оповіщення та забезпечення інформацією (розвідувальною, бойовою) споживачів (зенітні ракетні війська та винищувальна авіація).

На основі сказаного можна сформулювати основну вимогу до функціональної стійкості СРПП:

1. Забезпечити працездатність всіх вузлів комутації (ВК):

$$\forall v_i \in V \Leftrightarrow \omega_i(\tau) = 1, \quad \tau \in [0, t),$$

де  $V = \{v_i\}$  – множина ВК СРПП (радіолокаційні комплекси, командні пункти та автоматизовані системи управління);

$\omega(\tau)$  – булева функція, яка приймає значення 1, якщо ВК знаходиться в працездатному стані та 0 – в протилежному випадку;

$\tau, t$  – поточний час експлуатації.

2. Забезпечити передачу інформації (розвідувальної, бойової) споживачам (ЗРВ, ВА, РЕБ) по основним або резервним маршрутам:

$$\forall v_i, v_j \Leftrightarrow \exists v_{ij} \in \Gamma_i, \quad i, j = 1, 2, \dots, n,$$

де  $\Gamma_i$  – множина досяжних вершин графу з вершини  $V_s$ ;

$n$  – число ВК в СРПП.

Якість виконання завдань визначається наступними числовими показниками:

імовірністю рішення  $i$ -тої задачі за час, який не перевищує заданий:

$$P\{t(q_{ji}) \leq t_{\text{Зад}i}\}, q_{ji} \in Q_j, \quad Q_j = \{q_{j1}, q_{j2}, \dots, q_{jm}\},$$

де  $Q_i$  – множина задач, що вирішуються в  $j$ -м ВК;

$q_{ji}$  –  $i$ -а задача, що вирішується  $j$ -м ВК;

$t(q_{ji})$  – час на вирішення задачі  $q_{ji}$

пропускною спроможністю  $\sigma_{ji}$  каналу зв'язку між ВК  $v_i$  та  $v_j$ .

При оцінці структурних властивостей функціонально-стійкої СРПП припустимо, що пропускна спроможність  $\sigma_{ji}$  задовольняє вимогам та не знижує якості виконання задач.

Припущення 1. Будемо вважати, що якщо ВК знаходиться в працездатному стані, то він виконує задачі із заданою продуктивністю (оперативністю).

Слід зазначити, що дана умова не є достатньою, так як передача інформації з  $v_i$  в  $v_j$  виконується з визначеною імовірністю, не рівною одиниці:

$$P_{ij}^{\text{ПЕР}}(t) = P_{ij}(t) \cdot D_{ij},$$

де  $P_{ij}$  – імовірність зв'язності  $v_i$  з  $v_j$ ;

$D_{ij}$  – достовірність переданої інформації – імовірність того, що отримана інформація споживачем буде відповідати переданої інформації.

Ознаки функціональної стійкості структури:

1. Структура СРПП є функціонально стійкою, якщо граф структури є однокомпонентним та не має мостів і вузлів з'єднання. Зворотнє визначення дозволяє стверджувати функціональну нестійкість структури.

2. Структура СРПП є функціонально стійкою, якщо граф є багатокомпонентним та незв'язним.

Таким чином, по зовнішньому виду графа, а саме по числу компонентів, наявності мостів та вузлів з'єднання графа можна стверджувати про наявність функціональної стійкості структури СРПП, тобто про закладену в неї спроможність реагувати на відмови та пошкодження. Однак для сильнорозгалужених та з великою кількістю вершин графів проводити оцінювання складно. Тому для якісної оцінки ступеня функціональної стійкості введемо до розгляду показники функціональної стійкості структури.

Показники функціональної стійкості структури.

1. Число вершинної зв'язності  $\chi(G)$  – це найменше число вершин, віддалення яких разом з інцидентними їм ребрам призводить до незв'язного чи одновершинного графу [3].

2. Число реберної зв'язності  $\lambda(G)$  – це найменше число ребер, віддалення яких призводить до незв'язного графу [3].

3. Імовірність зв'язності  $P_{ij}(t)$  – це імовірність того, що повідомлення із вузла  $i$  у вузол  $j$  буде передано за час не більший, ніж  $t$ .

Аналіз даних показників дозволяє виділити наступні особливості:

числа вершинної та реберної зв'язності характеризують тільки поточну структуру, незалежно від надійності вузлів комутації або ліній зв'язку;

імовірність зв'язності  $P_{ij}(t)$  дозволяє враховувати надійність обладнання ВК, вид фізичного каналу передачі інформації, наявність резервних каналів та маршрутів, а також зв'язність структури;

імовірність зв'язності характеризує тільки зв'язність між однією парою вершин. Для того щоб оперувати між всіма парами вершин необхідно оперувати з матрицею ймовірностей зв'язності:

$$P_{\text{СВ}} = \| P_{ij} \|, \quad i, j = 1, 2, \dots, n.$$

На основі запропонованих ознак та показників обґрунтовані критерії функціональної стійкості СРПП:

Критерії функціональної стійкості структури.

1. Структурний критерій. Структура СРПП буде функціонально стійкою, якщо число вершинної зв'язності та число реберної зв'язності задовольняють вимогам:

$$\chi(G) \geq 2 \cup \lambda(G) \geq 2.$$

2. Імовірнісний критерій. Структура СРПП буде функціонально стійкою, якщо імовірність зв'язності між кожною парою вершин буде не менше заданої:

$$P_{ij}(t) \geq P_{ij}^{\text{зад}}, \quad i \neq j, \quad i, j = 1, 2, \dots, n,$$

де  $n$  – число вершин графа  $G(V, L)$ .

Вибір показників функціональної стійкості.

1) Кількість вершин зв'язності  $\chi(G)$  характеризує максимально можливе число відмов ВК, за яких

$$R_{\text{ВК}} = \chi(G) - 1.$$

Для прикладу представимо граф з його описом (рис. 1 а) з  $\chi(G_1)=3$ . Це значить, що у всій розподіленій системі допускається відмова  $R_{\text{ВК}}=2$  будь яких ВК, за яких мережа залишається зв'язною. Відмова 3-х ВК призведе до незв'язності мережі: наприклад  $v_3, v_4, v_5$ .

На рис. 1 б відображено той же граф (рис. 1 а) після розриву ребра  $l_{3,6}$ . При цьому число вершинної зв'язності для цього графу знижується до  $\chi(G_2)=2$ , відповідно число допустимих відмов ВК  $R_{\text{ВК}}=1$ . Однак, це не означає, що вихід з ладу будь-якого ВК призводить до незв'язності структури. Таким чином, параметр  $\chi(G)$  характеризує верхню межу оцінки допустимої кількості відмов ВК.

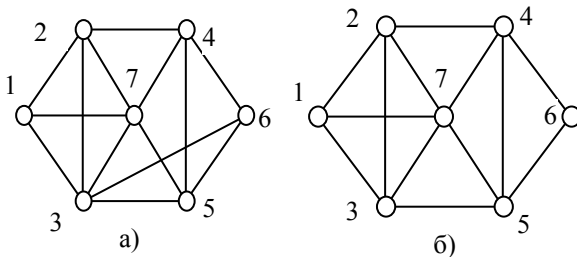


Рис. 1. Приклади функціонально стійких структур

2) Число реберної зв'язності  $\lambda(G)$  характеризує максимально можливу кількість відмов ліній зв'язку системи, за якої мережа залишається зв'язною.

### Література

1. **Надежность** и живучесть систем связи / Б.Я. Дудник, В.Ф. Овчаренко, В.К. Орлов и др.; Под ред. Б.Я. Дудника. – М.: Радио и связь, 1984. – 216 с.  
2. **Надійність** техніки. Терміни та визначення. ДСТУ 2860-94. – К.: Держстандарт України, 1995. – 92 с.

Наприклад на рис. 1 а представлено граф, для якого  $\lambda(G_1)=3$ : при розриві ребер  $l_{4,6}, l_{3,6}, l_{5,6}$  граф стає незв'язним та поділяється на дві компоненти  $D_1$  и  $D_2$ . Після видалення з графу ребра  $l_{3,6}$  (див. рис. 1 б) кількість реберної зв'язності зменшиться на одиницю:  $\lambda(G_2)=2$ . Таким чином,

$$\lambda(G) = \min |S_j|, \quad j = 1, 2, \dots, m_S,$$

де  $S_j$  –  $j$ -е множина ребер;

$m_S$  – потужність множини простих зрізів графа.

Таким чином, параметр графа  $\lambda(G)$  характеризує верхню межу допустимого числа відмов ЛЗ.

3) В якості числового показника функціональної стійкості структури обрана імовірність зв'язності  $P_{ij}(t)$  – імовірність того, що повідомлення буде доставлено від вузла  $i$  до вузла  $j$  за час не більше  $t$ .

Таким чином, показник  $P_{ij}(t)$  є основним показником, який характеризує функціональну стійкість СРПП.

### Висновки

На підставі запропонованих ознак та показників розроблені структурний та імовірнісний критерії функціональної стійкості структури СРПП, які на основі точних розрахунків дозволяють визначити функціональну стійкість поточної структури СРПП. На основі розгляду основних функцій СРПП, розроблені та введені до розгляду:

необхідна умова функціональної стійкості структури СРПП;

ознаки функціональної стійкості структури СРПП;

показники функціональної стійкості СРПП;

критерії функціональної стійкості.

Аналіз розроблених ознак та критеріїв показав, що одним з основних методів підвищення функціональної стійкості структури СРПП є підвищення зв'язності структури за рахунок ведення надлишкових ліній зв'язку.

Розроблені критерії в подальшому дозволять виявити наявність (відсутність) функціональної стійкості поточної структури СРПП.

3. **Барабаш О.В.** Построение функционально устойчивых распределенных информационных систем. – К.: НАОУ, 2004. – 226 с.  
4. **Уилсон Р.** Введение в теорию графов: Пер. с англ. – М.: Мир, 1977. – 208 с.

В статье приведены основные требования к оценке функциональной устойчивости системы разведки воздушного противника и оповещения.

*Ключевые слова:* функциональная устойчивость, система разведки воздушного противника, граф структуры.

In the article indexes and criteria are certain for the evaluation of functional stability of the system of secret service of air opponent and notification.

*Key words:* functional stability, system of secret service of air opponent, count of structure.