

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ СИНТЕЗУ АВТОНОМНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ МЕРЕЖІ ОДНОТИПНИХ ПРОГРАМНО-АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ

Стаття присвячена викладенню основних положень проблематики організації діагностування складних технічних систем типу “мережа однотипних програмно-апаратних засобів”. У зв’язку з чим пропонується подальший розвиток практичних реалізацій концепції автономної автоматизованої системи діагностування стосовно обраного об’єкту дослідження. У цьому контексті надається змістовний, алгоритмічний опис діяльності виконавця діагностування та її характерні особливості, формальна постановка задачі синтезу автономної автоматизованої системи діагностування мережі однотипних програмно-апаратних засобів. Пропонується структурно-функціональна схема програмно-апаратної реалізації автономної автоматизованої системи діагностування з урахуванням ключових складових скорочення часу відновлення працездатності.

Ключові слова: автономна автоматизована система діагностування, мережа однотипних програмно-апаратних засобів, виконавець діагностування, структурно-функціональна схема.

Вступ

Однією з основних характеристик функціонування складної технічної системи є визначення залежності ефективності функціонування від технічного стану її елементів, міжелементних зв’язків у термінах теорії надійності. На практиці можна спостерігати, що вихід з ладу окремих елементів, міжелементних зв’язків складної технічної системи призводить до погіршення показників ефективності, але не до повної її відмови.

Актуальність вибору об’єкту дослідження обумовлено широким спектром технічних систем, які за низкою ознак, належать до даного класу та знайшли широке застосування у багатьох сферах діяльності. Наприклад: локально-обчислювальна мережа, сукупність однотипних радіостанцій з програмним управлінням, персональних мобільних комунікаційних пристроїв у складі радіомережі, сукупність маршрутизаторів транспортної мережі, багатомашинний програмно-апаратний комплекс забезпечення функціонування інформаційних сервісів, обчислювальний кластер і т. ін.

Для більш точного визначення об’єкту дослідження, абстрагуючись від технологічних особливостей, у контексті обраної проблематики пропонується використовувати поняття “мережа однотипних програмно-апаратних засобів”, де “мережа” – узагальнення, яке описує взаємно-однозначне відображення структури складної технічної системи у термінах формальних об’єктів теорії графів, теорії складних мереж таких як “гіперграф”, “мультиграф”, і т. ін. з акцентом на їх структурно-інтегративних властивостях.

Аналіз останніх публікацій

Аналіз багатьох практичних прикладів існуючих складних технічних систем, що можуть бути за низкою ознак взаємно-однозначно відображені як об’єкт типу “мережа однотипних програмно-апаратних засобів” (далі також – МЗ), дозволяє стверджувати [1 – 4]:

- вузол МЗ – сукупність апаратних засобів обчислювальної техніки і відповідного програмного забезпечення, яка функціонує як єдине ціле та призначено для забезпечення вирішення певного класу задач (цільове призначення);
- операційне середовище обчислювальних процесів – динамічна сутність яка об’єднує сукупність обчислювальних процесів, ядро вузла МЗ;
- обчислювальний процес – одиниця обчислювальної роботи, що асоціюється з виконанням тієї чи іншої задачі цільового програмного забезпечення вузла МЗ;
- ядро вузла МЗ – центральний програмний (програмно-апаратний) компонент вузла МЗ, що забезпечує управління життєвим циклом, взаємодію обчислювальних процесів, управління функціонуванням апаратних компонентів та розподіл їх ресурсів;
- структура інформаційних напрямків МЗ є відображенням директивних вимог щодо своєчасного і достовірного транспортування інформаційних потоків організації між вузлами;

- структура фізичних каналів передачі даних МЗ – технологічна основа забезпечення своєчасного і достовірного транспортування інформаційних потоків;
- джерело, споживач інформаційного потоку – обчислювальний процес вузла МЗ.

Формалізована, кількісна оцінка залежності ефективності функціонування складної технічної системи від технічного стану її елементів, міжелементних зв'язків не є тривіальною задачею [5]. Для послідовних, послідовно-паралельних, паралельно-послідовних систем математичний апарат оцінки ефективності у термінах теорії надійності достатньо розвинутий і добре апробований, але для систем з відмінною структурною організацією – не існує загальноприйнятого підходу. По-перше, реальні складні технічні системи, зазвичай не можуть бути представлені декомпозицією на низку послідовних, послідовно-паралельних, паралельно-послідовних підсистем внаслідок багаторівневості цілей, задач багатомірності відношень елементів тощо. По-друге, необхідно враховувати динаміку впливу процесів діяльності організації на структури фізичних, інформаційних, енергетичних зв'язків між елементами. На цей випадок, теорія надійності пропонує низку комплексних показників сформульованих як співвідношення між величинами середнього часу безвідмовної роботи, часу відновлення працездатності. Так, в [6 – 7] запропонований практичний підхід до скорочення часу відновлення працездатності радіоелектронного обладнання і, як наслідок, підвищення коефіцієнту готовності технічної системи на основі автоматизації пошуку і локалізації дефектів напівпровідникових елементів із застосуванням автономної автоматизованої системи діагностування (АА СД).

Постановка завдання

Одним з широко відомих комплексних показників надійності складної технічної системи вважається коефіцієнт готовності:

$$K_{\Gamma} = \frac{T_o}{T_o + T_B}, \quad (1)$$

де T_o – середній час безвідмовної роботи, $T_B = T^{\diamond} + T^* + T_p$ – середній час відновлення працездатності складного технічного об'єкта, T^{\diamond} – середній час ідентифікації непрацездатного технічного стану, T^* – середній час пошуку, локалізації несправностей технічного об'єкту, підготовки плану заходів відновлення працездатності технічного об'єкту, T_p – середній час реалізації плану заходів відновлення працездатності технічного об'єкту.

Забезпечення своєчасного та якісного контролю технічного стану, пошуку несправностей, плану заходів відновлення працездатності складного технічного об'єкта типу “мережа однотипних програмно-апаратних засобів” доцільно здійснювати у напрямку подальшого розвитку практичної реалізації концепції АА СД. При цьому ознаками новизни можуть бути по-перше - сукупність структурно-інтегративних показників вузлів як параметр оцінки технічного стану (пошуку несправностей) МЗ, по-друге - елементи автоматизації підтримки прийняття рішень (ППР) з метою мінімізації часу прийняття рішень, одночасно намагаючись зменшити залежність від досвіду, психофізіологічних особливостей виконавця діагностування (ВД).

Виходячи з цього пропонується:

- алгоритмічний опис діяльності ВД (у контексті контролю технічного стану, пошуку і локалізації несправностей, формування варіантів плану відновлення працездатності);
- формальна постановка задачі синтезу АА СД - складної технічної системи типу “мережа однотипних програмно-апаратних засобів” (далі також – АА СД МЗ) з елементами автоматизації підтримки прийняття рішень;
- структурно-функціонального схема АА СД МЗ.

Основна частина

Рішення про тип, місцезнаходження несправності, вибір варіанту плану заходів відновлення завжди є прерогативою виконавця діагностування. При цьому, середній час пошуку, локалізації несправностей, підготовки плану заходів відновлення працездатності складної технічної системи (1) можна представити як:

$$T^* = T_{\Pi}^+ + T_{\Pi} + T_{\text{прп}} + T_{\text{фпв}} + T_{\text{упв}} + T_{\text{впв}}, \quad (2)$$

де T_{Π}^+ – середній час надходження і обробки діагностичної інформації, T_{Π} – середній час роботи алгоритмів автоматичного пошуку і локалізації несправності з формуванням інформаційної моделі ППР ВД, $T_{\text{прп}}$ – середній час прийняття (остаточного) рішення ВД щодо типу, місцезнаходження несправності в структурі складної технічної системи, $T_{\text{фпв}}$, $T_{\text{упв}}$, $T_{\text{впв}}$ – відповідно, середній час формування, уточнення, остаточного вибору плану заходів відновлення працездатності складної технічної системи.

Висновок про працездатний стан складної технічної системи типу “мережа однотипних програмно-апаратних засобів” базується на з’ясуванні результатів сукупності діагностичних перевірок працездатності всієї множини вузлів, фізичних каналів передачі даних, директивних інформаційних напрямків між вузлами. Величину сумарних часових витрат T_{Π}^+ контролю технічного стану слід розглядати у контексті класу задач про комівояжера при повному, послідовному обході всіх елементів об’єкту діагностування, а її суттєве скорочення можна досягнути виключно шляхом автоматизації діагностичних перевірок. При цьому має місце значний потенціал скорочення T_{Π}^+ за рахунок можливості досягнення такого варіанту оптимальної комбінації розкладу, дисципліни, інформативності тестових чи функціональних діагностичних перевірок при якому дані результату контролю технічного стану можуть бути використані як вхідні для алгоритмів пошуку і локалізації несправностей без додаткових витрат на здобуття, доставку і обробку діагностичної інформації або з їх мінімальною величиною.

Момент ідентифікації непрацездатного стану того чи іншого вузла (вузлів), фізичного каналу (каналів) передачі даних, інформаційного напрямку (напрямоків) розпочинає етап пошуку і локалізації несправностей тривалістю $T_{\Pi} + T_{\text{прп}}$. Далі, після прийняття остаточного рішення щодо типу, місцезнаходження несправності в структурі складної технічної системи типу “мережа однотипних програмно-апаратних засобів” слідує етап формування варіантів плану відновлення працездатності тривалістю $T_{\text{фпв}} + T_{\text{упв}} + T_{\text{впв}}$, яке завершується вибором найбільш раціонального варіанту (рис. 1.)

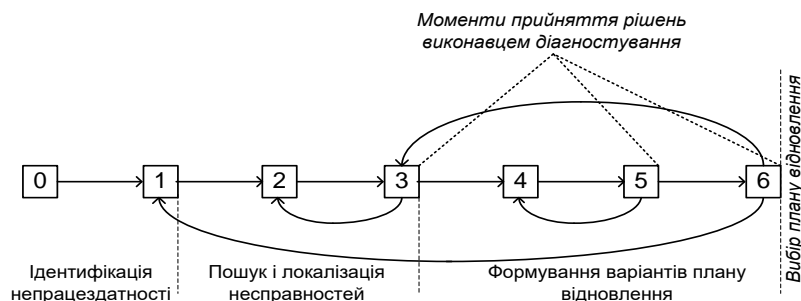


Рис. 1. Діяльність ВД в контексті методології підтримки прийняття рішень.

Для скорочення часу відновлення працездатності і покращення коефіцієнту готовності складної технічної системи типу “мережа однотипних програмно-апаратних засобів”

автоматизація контролю технічного стану, пошуку і локалізації несправностей, формування варіантів плану відновлення працездатності має значні перспективи є актуальною задачею з наукової точки зору. При цьому, участь людини у ході вироблення остаточного рішення (кроки 3, 5, 6 рис.1 тривалістю $T_{\text{прп}} + T_{\text{упв}} + T_{\text{впв}}$) принципово не підлягають автоматизації, але можуть бути скороченні завдяки додаванню до структурно-функціональної схеми АА СД елементів автоматизації ППР ВД (табл. 1).

Основними напрямками підвищення ефективності процесів прийняття рішень за участю людини вважаються: ідентифікація з високою достовірністю типових ситуацій управління; забезпечення якості, адаптивності, ергономіки інформаційної моделі предметної області; оперативне надання довідкової інформації, роз'яснень логіки рішень в нетипових, конфліктних ситуаціях; раціональна послідовність надання інформації; формування множини можливих варіантів дій з оцінками їх корисності [8 – 9].

Таблиця 1

Алгоритмічний опис діяльності ВД

Змістовна інтерпретація кроків	
	Автоматичний контроль технічного стану.
	Результати технічного контролю які сигналізують про непрацездатність вузла (вузлів), фізичного каналу (каналів) передачі даних, інформаційного напрямку (напрямоків) надаються ВД.
	Пошук і локалізація несправності розпочинається з моменту надання ВД відомостей про ідентифікацію непрацездатності вузла (вузлів), фізичного каналу (каналів) передачі даних, інформаційного напрямку (напрямоків). Результати автоматичного пошуку і локалізації несправності надаються ВД для прийняття остаточного рішення щодо її типу, місцезнаходження несправності.
	Усвідомлення ВД результату автоматичного пошуку і локалізації несправності, приймає остаточне рішення щодо тип, місцезнаходження несправності (несправностей). У разі суперечливого, конфліктного результату логічного висновку ВД ініціює виконання додаткових повних чи обмежених послідовностей кроків пошуку і локалізації несправності (несправностей) з метою уточнення, більш повного з'ясування ситуації і т. ін.
	Остаточне рішення щодо тип, місцезнаходження несправності (несправностей) ініціює автоматичне формування варіантів плану відновлення з оцінками вірогідності, корисності, часу виконання, витрат і т. ін. Результати автоматичного формування варіантів плану відновлення надаються ВД з метою остаточного вибору.
	Усвідомлення ВД варіантів автоматичного формування плану відновлення. Якщо параметри плану на підставі володіння оперативною інформацією не задовольняють ВД ініціюється формування нової множини варіантів плану відновлення з уточненими обмеженнями.
	Вибір ВД варіанту плану відновлення з поверненням до контролю технічного стану або усвідомлення ВД результату автоматичного пошуку і локалізації несправності, якщо за час уточнення, вибору плану відновлення визначена нова несправність.

Виходячи з викладеного, пропонується наступна формалізація постановки задачі синтезу АА СД МЗ. Дано: А – множина варіантів побудови алгоритмів пошуку і локалізації несправностей МЗ, В – множина варіантів побудови алгоритмів формування плану відновлення працездатності МЗ, Х – множина варіантів ергономічного забезпечення діяльності ВД, $\Phi = A \times B \times X$ – множина варіантів програмно-апаратної реалізації АА СД МЗ визначена як декартовий добуток $\phi = \langle \alpha, \beta, \chi \rangle$, де $\alpha \in A$, $\beta \in B$, $\chi \in X$. При цьому середній час пошуку, локалізації несправностей, підготовки плану заходів відновлення працездатності визначається через функцію $T^* = F(\alpha, \beta, \chi)$. Необхідно знайти: такий варіант програмно-апаратної реалізації АА СД МЗ при якому:

$$\exists \phi \in \Phi = \arg \min T^*, \quad (3)$$

при обмеженнях:

$$T_{\text{п}}^+ \leq T_{\text{о}}^+, \quad (4)$$

$$T_{\text{прп}} + T_{\text{упв}} + T_{\text{впв}} \leq T_{\text{о}}^-, \quad (5)$$

$$T^{\diamond} \leq T_{\text{о}}^{\diamond}, \quad (6)$$

$$C \leq C_o, \tag{7}$$

де (4) – середній час здобуття, доставки і обробки діагностичної інформації не повинен перевищувати директивного, (5) – сумарний середній час прийняття (остаточного) рішення ВД щодо типу, місцезнаходження несправності, уточнення, остаточного вибору плану заходів відновлення працездатності не повинен перевищувати директивного, (6) – середній час ідентифікації непрацездатного технічного стану МЗ не повинен перевищувати директивного, (7) – обмеження на вартість програмно-апаратної реалізації АА СД МЗ.

Обмеження (4) забезпечується вирішенням задачі синтезу організаційної структури здобуття, доставки і обробки діагностичної інформації АА СД МЗ. Змістова постановка задачі: знайти такий варіант декомпозиції об’єкта діагностування типу “мережа однотипних програмно-апаратних засобів” на сегменти при якому час здобуття, доставки і обробки результатів виконання підмножин діагностичних перевірок для цих сегментів не буде перевищувати директивної величини (рис. 2, 3). Додаткові умови: обмеження на використання смуги пропускання фізичних каналів передачі даних як при виконанні діагностичних перевірок, так і для транспортування їх результатів; обмеження на вартість створення та експлуатації як складової обмеження (7).

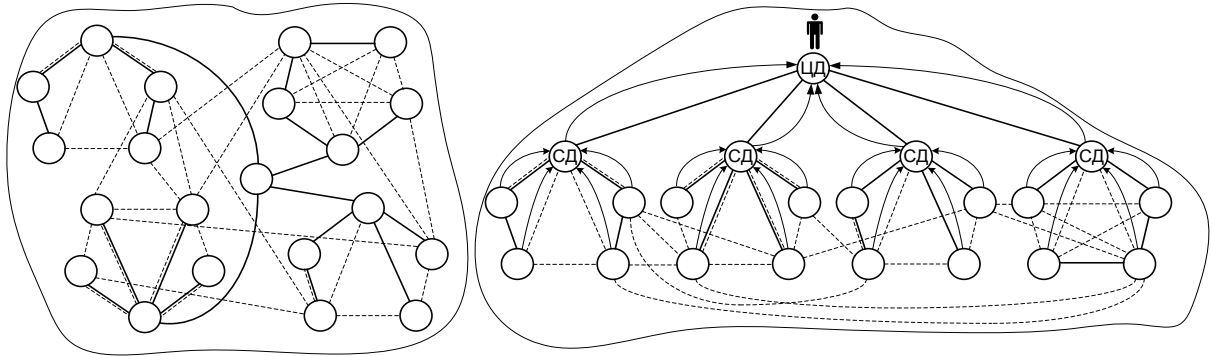


Рис. 2. Приклад утворення організаційної структури АА СД МЗ , де безперервна лінія – фізичний канал передачі даних, штрихова лінія – інформаційний напрямок.

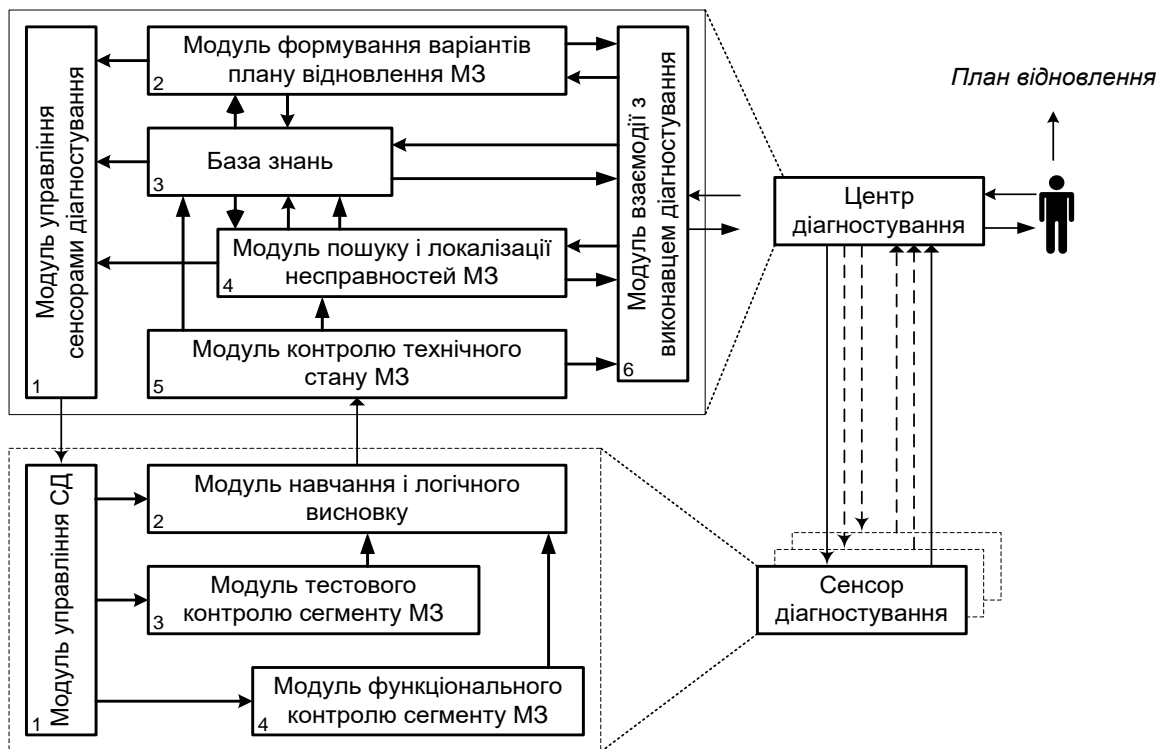


Рис. 3. Структурно-функціональна схема АА СД МЗ.

Обмеження (5) забезпечується шляхом додавання до структурно-функціональної схеми АА СД елементів автоматизації ППР ВД з урахуванням характерних особливостей обраного об'єкту діагностування.

Центр діагностування (ЦД) – автономний автоматизований програмно-апаратний (програмний) комплекс призначений для забезпечення діяльності ВД (табл. 2): контроль технічного стану, пошук і локалізація несправностей, підготовка плану відновлення МЗ.

Таблиця 2

Функціональний склад ЦД

Призначення	Функції, які підлягають автоматизації/вміст модулю:
Управління сенсорами діагностування	- одержання, визначення адресатів команд управління; - захищена передача команд управління і даних сенсорам діагностування; - захищена передача правил логічного висновку сенсорам діагностування;
Формування варіантів плану відновлення працездатності МЗ	- формування і надання зважених варіантів плану відновлення; - надання довідкової інформації за кроками варіантів плану відновлення; - надання пояснень щодо особливостей формування плану відновлення; - одержання нових (уточнених) параметрів формування плану відновлення; - надсилання адресату, друк обраного варіанту плану відновлення;
Зберігання, надання декларативних даних, здійснення логічного висновку	- параметри вузлів МЗ; - директивні, фактичні дані про структуру фізичних каналів МЗ; - директивні, фактичні дані про структуру інформаційних напрямків МЗ; - директивні, фактичні дані про параметри структур; - результати діагностичних перевірок; - правила логічного висновку;
Пошук і локалізація несправностей МЗ	- одержання даних результатів контролю технічного стану МЗ; - пошук і локалізація несправностей МЗ; - надання результатів пошуку і локалізації МЗ;
Контроль технічного стану МЗ	- одержання даних результатів контролю технічного стану сегментів МЗ; - ідентифікація непрацездатного стану вузлів МЗ та зв'язків між ними; - надання результатів контролю технічного стану;
Організація взаємодії з користувачем	- візуалізація результатів контролю технічного стану; - візуалізація результатів пошуку і локалізації несправностей; - візуалізація варіантів плану відновлення; - візуалізація декларативних даних БЗ, пояснень, довідкової інформації; - обробка взаємодії з користувачем.

Сенсор діагностування (СД) – автоматичний програмно-апаратний (апаратний, програмний) пристрій призначений для виконання діагностичних перевірок тестового і/або функціонального контролю технічного стану, пошуку і локалізації несправностей вузлів, фізичних каналів передачі даних, інформаційних напрямків сегменту МЗ (табл. 3).

Таблиця 3

Функціональний склад СД

Призначення	Функції, які підлягають автоматизації/вміст модулю:
Управління роботою сенсора діагностування	- одержання команд управління, даних, правил логічного висновку; - надання даних, правил логічного висновку функціональним модулям; - здійснення управління функціональними модулями;
Обробка результатів тестового, функціонального контролю	- зберігання даних про вузли, фізичні канали передачі даних сегменту МЗ; - одержання даних про структуру інформаційних напрямків сегменту МЗ; - синтез структури мережевого оточення та маршрутів (навчання); - одержання правил (змін до правил) логічного висновку; - логічний висновок про технічний стан вузлів, зв'язків сегменту МЗ;
Реалізація діагностичних перевірок у формі тестового контролю	- одержання даних про тип, параметри тесту; - одержання даних алгоритмів тестів (змін до алгоритмів); - збір даних про вузли, фізичні канали передачі даних сегменту МЗ; - виконання послідовності тестів згідно їх типів і параметрів; - надання результатів тестів для обробки.
Реалізація діагностичних перевірок у формі функціонального контролю	- одержання даних про тип, параметри функціонального контролю; - одержання даних алгоритмів (змін) функціонального контролю; - виконання функціонального контролю згідно його типу і параметрів;

	- надання результатів функціонального контролю для обробки.
--	---

Іншим важливим аспектом для складної технічної системи типу “мережа однотипних програмно-апаратних засобів” у контексті технічного обслуговування і ремонту слід вважати можливість відновлення працездатності і/або функціональної ефективності шляхом централізованого адміністрування режиму роботи, налаштувань програмного забезпечення вузлів МЗ. Так, несправність компонентів апаратного забезпечення, фізичного каналу передачі даних традиційно відновлюється шляхом їх заміни і ремонту, але несправність операційного середовища обчислювальних процесів вузла – може бути відновлена шляхом централізованого адміністрування з відносно невеликими часовими витратами при наявності чіткого плану дій. Останнє лише підкреслює важливість автоматизації формування варіантів плану відновлення працездатності для обраного об’єкту дослідження.

Висновки

Запропонований структурно-функціональна схема АА СД з елементами автоматизації ППР ВД згідно постановки завдання дозволить забезпечити високе задане значення коефіцієнту готовності складної технічної системи типу “мережа однотипних програмно-апаратних засобів” завдяки:

- побудови оптимальної за часом організаційної структури доставки і обробки діагностичної інформації;
- створенню умов для зменшення часових витрат на прийняття рішень;
- формуванню варіантів плану відновлення працездатності.

Список використаної літератури

1. Хусаїнов П. В., Субач І. Ю., Сілко О. В., Любарський С. В. Основи побудови операційних систем, комплексів та засобів автоматизації управління військами: Навчальний посібник. – К.: ВІТІ, 2016. – 220 с.
2. Ільченко М. Ю., Кравчук С. О. Сучасні телекомунікаційні системи. – К.: НВП “Видавництво “Наукова думка” НАН України”. – 328 с.
3. Оре О. Теория графов. – 2-е изд. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1980. – 336 с.
4. Головач Ю. Складні мережі //Ю. Головач, О. Олемской, К. фон Фербер, Т. Головач, О. Мриглод, І. Олемской, В. Пальчиков. – Журнал фізичних досліджень. – т.10, № 4 (2006). – Львів.: Львівський національний університет імені Івана Франка, 2006. – С. 247 – 289.
5. Модели и методы оптимизации надежности сложных систем / Волкович В. Л., Волошин А. Ф., Заславский В. А., Ушаков И. А.; Отв. ред. Михалеви́ч В. С.; АН Украины, Ин-т кибернетики им. В. М. Глушкова. – Киев: Наук. думка, 1992. – 312 с.
6. Кузавков В. В. Шляхи вдосконалення системи технічного обслуговування / Кузавков В. В., Гайдур Г. І., Коваль Л. Т. // Системи управління, навігації та зв’язку. – Харків.: Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба., 2014. - № 4(32). – С. 86 – 91.
7. Креденцер Б.П. Методика оцінки ефективності застосування автономного автоматизованого пристрою діагностування в системі військового ремонту / Креденцер Б. П., Жердев М. К., Кузавков В. В. // Збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації. – № 1. – К.: ВІТІ, 2016. – С. 81 – 86.
8. Герасимов Б.М., Камишин В. В. Організаційна ергономіка: методи і алгоритми дослідження та проектування. – К., Інфосистем, 2009. – 212 с.
9. Герасимов Б. М., Дивизинюк М. М., Субач І. Ю. Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности. Севастополь.: СНИЯЭиП, 2004. – 319 с.

Надійшла 11.07.2017 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Зеневич А.О.