

УДК 004.03

DOI: 10.20998/2411-0558.2025.02.09

*М. А. МІРОШНИК*, д-р техн. наук, проф., професор, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків,

*Е. М. КУЛАК*, канд. техн. наук, доцент, Харківський національний інститут радіоелектроніки, Харків,

*О. І. ФІЛІППЕНКО*, канд. техн. наук, доцент, Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків,

*А. В. ШАФРАНСЬКИЙ*, аспірант, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків

## **МОДЕЛІ ДІАГНОСТУВАННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ НА СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНОМУ РІВНІ**

У статті розглянуто моделі діагностування та цифрового моніторингу інтерактивних комп'ютерних мереж. Показано модифіковану ієрархічну графову модель газотранспортної мережі, яка описується інтерактивною комп'ютерною мережею на основі ієрархії моделей. Запропоновано спосіб організації зв'язку атрибутів різних рівнів ієрархічної графової моделі. Запропоновано інтелектуальну діагностичну інфраструктуру для вбудованого тестового та функціонального діагностування. Іл.: 7. Бібл.: 7 назв.

**Ключові слова:** інтерактивна комп'ютерна мережа, моделі діагностування, вбудоване тестування, діагностичний експеримент, інтелектуальна діагностична інфраструктура.

**Актуальність проблеми.** Швидкий розвиток і широке впровадження сучасних технічних систем у різні сфери діяльності, постійне зростання їхньої структурної складності й масштабів, а також специфічні умови експлуатації та підвищені вимоги до безвідмовної роботи апаратних засобів зумовлюють актуальність питань, пов'язаних із забезпеченням надійності, якості та безпеки функціонування технічних об'єктів. Важливу роль у вирішенні цих завдань відіграють методи та засоби контролю й діагностики технічних систем і програмного забезпечення.

У процесі проектування складних об'єктів необхідно враховувати

вимоги технічного контролю – забезпечувати своєчасне визначення реального стану об'єкта (справний, допустимий, передаварійний або аварійний) та, у разі виникнення несправностей, ефективно виявляти й оперативно усувати виявлені дефекти.

В інженерній практиці дедалі частіше виникає необхідність у розв'язанні задач діагностики складних технічних систем із численними потенційними дефектами, які потребують оперативної локалізації для недопущення серйозних аварій. Для ефективного вирішення таких проблем необхідно створювати математичні моделі, методи та алгоритми виявлення дефектів, які були б придатними як для конкретних прикладних сфер, так і мали б універсальність для широкого спектра технічних систем.

Завдання оптимізації стратегії діагностування для швидкої локалізації та усунення дефектів стає особливо актуальним через високі вимоги до надійності небезпечних виробничих об'єктів. Його вирішення має критичне значення для систем, від ефективності роботи яких залежить стан навколишнього середовища, адже несвоєчасне виявлення дефектів може призвести до серйозних, незворотних катастроф.

Оптимізація процесів прийняття управлінських рішень, організація оперативного контролю та діагностика технічного стану таких структурно-складних систем є **актуальною проблемою, що потребує особливої уваги.**

Розроблення автоматизованих методів побудови матриці перевірок і аналіз результатів її опрацювання дали змогу ефективно розв'язати задачу швидкого виявлення несправностей в об'єктах невисокої складності, у яких кількість можливих станів, зумовлених дефектами, порівняно невелика. Темпи збільшення розмірів та складності структур сучасних технічних комп'ютерних систем не дають можливості використання існуючих методів їх підтримки їх у працездатному стані своєчасним виявленням дефектів. Необхідне розроблення нових ефективних моделей для розв'язання задач діагностики великих об'єктів, вимагають автоматизації процесів створення оптимальних стратегій для діагностики технічного стану складних сучасних технічних систем та прогнозування їхньої поведінки.

Зараз, незважаючи на високий рівень оснащеності об'єктів газотранспортної системи (ГТС) України комплексами автоматичного й автоматизованого керування, як і раніше, завдання узагальнення та

первинного аналізу даних виконуються диспетчером. При виконанні таких завдань у розпорядженні диспетчера є тільки засоби, подібні до спеціалізованих інженерних калькуляторів, багато з яких було розроблено ще у 80-х роках. Суттєво нової якості диспетчерського управління можна досягти шляхом об'єднання безлічі наявних напрацювань у єдину систему, що виконує первинне опрацювання та узагальнення даних, а також їх зручне представлення. Під час побудови такої системи слід враховувати ієрархічну природу організаційної структури ГТС і, як наслідок, необхідність різного, але не суперечливого подання даних на різних рівнях цієї ієрархії.

**Аналіз останніх досліджень та літературних джерел за темою дослідження.** У статті розглядається основні елементи моделі газотранспортної системи, розгляд яких було розпочато у [1], де розглянуто ієрархічну графову модель газотранспортної системи. Дана інформаційна модель дає змогу зв'язати між собою різні рівні деталізації представлення предметної області та формує ієрархію моделей. Запропоновано спосіб організації зв'язку атрибутів різних рівнів ієрархічної графової моделі.

В [2] розглянуто метод автоматизованого проектування цифрового пристрою локального регулювання в газопостачанні на основі спрощеного алгоритму роботи автоматичної газорозподільна станція, отримав подальший розвиток метод автоматизованого проектування діагностичної апаратури та розроблені методики автоматизованого проектування діагностичної апаратури.

У [3] запропоновано модель транспортного комп'ютингу, яка організовує взаємодію з хмарним сервісом через поступове перенесення світлофора з фізичного простору у віртуальне. Це дає змогу здійснювати цифровий моніторинг транспортних потоків та забезпечувати оптимальне управління ними.

У [4] представлено модель кіберфізичної взаємодії транспортних засобів із хмарним сервісом, яка забезпечує цифровий моніторинг транспортних потоків і керування дорожнім рухом за допомогою хмарних світлофорів. Також описано експериментальні дослідження на об'єктах дорожньої інфраструктури.

У [5] запропоновано методи синтезу тестових послідовностей для інтерактивних комп'ютерних мереж, що базуються на використанні циклічних, відмінних та характеристичних символів автоматної моделі мережевої комірки. Розроблено інший підхід до змінення автоматної діаграми комірки, яка не містить відмінної послідовності, шляхом додавання нового вхідного символу та використання кодів станів для побудови необхідної структури переходів для побудови гамільтонового циклу в послідовності переходів. Також розроблено методики та процедури синтезу одно- та двовимірних ітеративних комп'ютерних мереж із децентралізованим управлінням конфігурацією.

У [6] запропоновано методи діагностування інтерактивних комп'ютерних мереж на рівні структури та логіки та підходи до синтезу одно- та двовимірних ітеративних комп'ютерних мереж із конфігурацією, яка має розподілене управління. Проведено аналіз наявних методів діагностики інтерактивних мереж на цьому рівні та зроблені відповідні діагностичні моделі, а за підсумками діагностичних експериментів підтверджено придатність досліджуваних мереж до тестування.

У дослідженні [7] створено нову інтелектуальну діагностичну інфраструктуру (ІДІ) та уніфіковану програмну платформу, які забезпечують підтримку прийняття рішень у розподілених комп'ютерних системах і мережах, інфраструктура інтелектуального інтерактивного моніторингу та управління розподіленими об'єктами знайшла успішне та широке застосування в різних сферах діяльності.

**Постановка задачі.** Аналіз літературних джерел показує, що використання загальних до діагностування складних систем не дає бажаного результату. Тому доцільно використовувати спеціалізовані методи побудови інтелектуальної діагностичної інфраструктури для технічних систем, представлених моделлю інтерактивних комп'ютерних мереж. Виходячи з цього метою дослідження побудова ієрархічної графової моделі газотранспортної мережі, яка описується інтерактивною комп'ютерною мережею на основі ієрархії моделей та розробка інтелектуальної діагностичної інфраструктури для вбудованого тестового та функціонального діагностування з метою підвищення працездатності систем критичного застосування.

**Використання ієрархічної графової моделі газотранспортної системи для ітеративних комп'ютерних мереж.** В [1] описано модель ГТС, яка являє собою ієрархію кластерів. Кластер  $C$  складається з множини вузлів і множини впорядкованих пар вузлів. Справедлива така відповідність між об'єктами ГТС і елементами ієрархічної графової моделі: кластер відповідає певній ділянці ГТС, представлений з певним рівнем деталізації; кожен простий вузол відповідає місцям з'єднання технологічних елементів; кожному узагальненому вузлу відповідає група технологічних елементів, що міститься в його кластері деталізації; кожній дузі відповідає технологічний елемент або група технологічних елементів. На найвищому рівні ієрархічної графової моделі розташований кластер, що складається з одного вузла.

Кожен елемент кластера є об'єктом і містить інформацію про деяку частину ГТС. Об'єкт складається з множини атрибутів (полів), що описують його стан, і безлічі повідомлень, які він здатний обробляти (методів). У деяких реалізаціях об'єктної моделі, наприклад, у мові  $C\#$ , у деяких реалізаціях  $C++$  та інших мовах поняття методу й атрибута поєднані в понятті властивість (property). Це досягається створенням для кожного атрибута двох методів, один з яких призначений для завдання значення атрибута, інший для зчитування значення атрибута. Такий механізм необхідний для реалізації реакції об'єкта на зміну його атрибутів. На вищих рівнях ієрархії об'єкти описують дедалі більшу частину реального світу, тоді як набір їхніх атрибутів не змінюється або навіть скорочується. Це відбувається тому, що на верхніх рівнях ієрархії затребувана в основному узагальнена інформація. Атрибути об'єктів верхніх рівнів ієрархії, очевидно, залежать від атрибутів об'єктів нижчих рівнів.

Створення високопродуктивних обчислювальних систем передбачає розвиток реконфігурованих інтерактивних комп'ютерних мереж (ІКМ), де архітектура обчислювальної системи адаптується під структуру графа задачі, що дозволяє формувати універсальне, проблемно-орієнтоване обчислювальне середовище. ІКМ являє собою впорядкований масив однорідних функціональних модулів (ФМ) у  $n$ -вимірному просторі, де кожен модуль або комірка діє як автомат із кінцевою множиною станів, а зміна станів здійснюється згідно з певними правилами або функцією переходів ФМ. Таким чином ІКМ можна розглядати як систолічну

структуру, тобто однорідне обчислювальне середовище з ФМ, що поєднує в собі властивості конвеєрної та матричної обробки. Таким чином кластерна модель ГТС може бути представлена ІКМ [2] з властивостями систолічної структури.

При тестуванні систолічних матриць (СМ) на прикладі односпрямованої одновимірної СМ, припускаємо, що лише одна комірка матриці може бути несправною. Матриця вважається повністю протестованою, якщо всі її комірки були протестовані. У свою чергу, комірка вважається повністю протестованою, якщо всі переходи таблиці переходів і виходів були протестовані.

Функція комірки визначається через таблицю переходів [3]. Тестування залежить від кількості комірок і можливих несправностей. У випадку матриці з довільною функцією комірки немає гарантії, що всі несправності будуть виявлені. Це може спричинити труднощі при досягненні повного покриття тестами, оскільки не кожна несправність фіксується стандартним тестуванням. Не існує гарантії повного покриття всіх несправностей [4].

СМ є С-тестованою (константно-тестованою), якщо її можна протестувати за допомогою постійної кількості тестових векторів, яка не змінюється залежно від розміру матриці. Далі перевіряємо, являє лі функція повністю визначеною. Якщо ні, то необхідно так змінити комірку, модифікує її, додавая додаткові стани щоб забезпечити її С-тестованості.

Синтез тестопридатних систолічних матриць процесорних елементів (СМПЕ) включає в себе процес тестування СМПЕ, який має на меті визначити, чи є матриця справною. Локалізація несправних комірок являє собою дуже важливий етап у процесі діагностики, що дозволяє точно визначити позиції дефектних елементів в структурі матриці. Це дає змогу здійснити реконфігурацію матриці, замінити або обійти несправні комірки, що забезпечує підтримку стабільної роботи системи та збереження її функціональності без значної деградації продуктивності [5].

Структура СМПЕ подається у вигляді орієнтованого графа, де кожній вершині відповідає комірка матриці, а дугам — інформаційні зв'язки між ними. У загальному випадку структура комірки включає процесорний елемент (ПЕ) та програмований перемикач комірки (ППК), як показано на рис. 1.

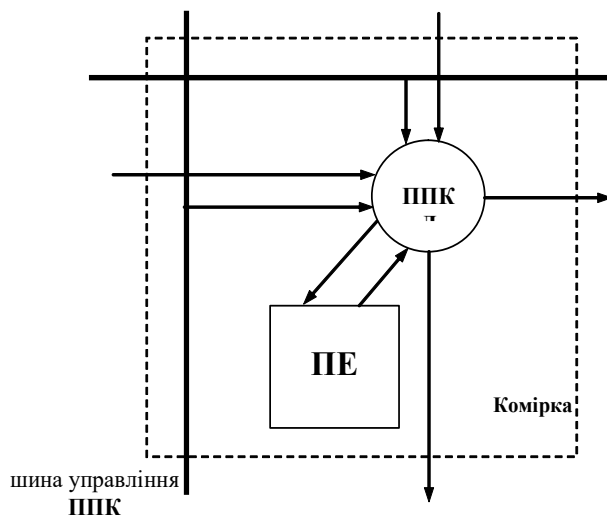


Рис. 1. Структура комірки, що реконфігурується

Найпростішим алгоритмом перевірки матриці є наступний:

За допомогою вбудованого тестування одночасно перевіряються всі процесорні елементи (ПЕ) матриці. Результат самоперевірки ПЕ є сигнатура, причому несправність засобів вбудованого контролю розглядається як несправність самого ПЕ.

Одночасно у всіх комірках проводиться порівняння отриманих сигнатур з еталонними. Якщо сигнатури збігаються, прапор стану комірки  $F$  встановлюється в нуль (комірка справна), в іншому випадку – в одиницю (комірка несправна) [6].

**Архітектурно-структурна діагностична інфраструктура з інтелектуальними властивостями.** Надалі, в продовження [5, 6, 7], пропонується інтегрувати систему вбудованого тестового діагностування в процес онлайн-функціонування системи, тобто здійснювати тестове діагностування модулів у процесі її нормального функціонування.

Для побудови діагностична інфраструктура з інтелектуальними властивостями (ДІ-ІВ) можна використовувати діагностичні процесори (модулі), які здійснюють онлайн-тестове діагностування.

Поєднання процедур функціонального і тестового діагностування в багатопроесорна система обробки даних (БПСОД) досягається шляхом раціонального управління і диспетчеризації цих процесів у ДІ-ІВ. На рис. 2 цей підхід представлено з використанням моделі-еталона об'єкта

діагностування. На модель-еталон подаються ті самі вхідні сигнали  $U_p$  (керуючі),  $U_t$  (тестові), що й на об'єкт.

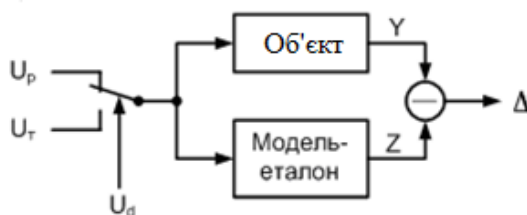


Рис. 2. Принцип поєднання функціонального і тестового діагностування

Система керування діагностичним модулем (ДМ) разом з інтерфейсним модулем (ІМ) є основним ядром ДМ, у якому виконуються основні операції діагностичної інфраструктури БПСОД з інтелектуальними властивостями (ІВ). Послідовність операцій, що виконуються ДІ-ІВ для ітеративних комп'ютерних мереж (ІКМ), опис яких було розпочато в [3, 4] подано нижче (рис. 3, 4).

**Аналіз якості топологічних структур.** Систематичну структуру можна представити моделлю сильнозв'язного графа. Середня довжина шляху між елементами топології виступає одним із основних визначальних параметром, який впливає на ефективність виконання маршрутів між вузлами інфраструктури. При виборі варіантів реалізації топології необхідно визначити інтегральну характеристику, що являє собою загальну суму усіма парами компонентів або вершин заданого графа, яка приводиться до кількості ребер або дуг. Особливу увагу приділяєм простим геометричним фігура (чотирикутник, тощо). Останній має цікаву особливість – кожна вершина тетраедра має три сусідні вершини, на відміну від трикутника, в якому кожна вершина має лише дві суміжні вершини.



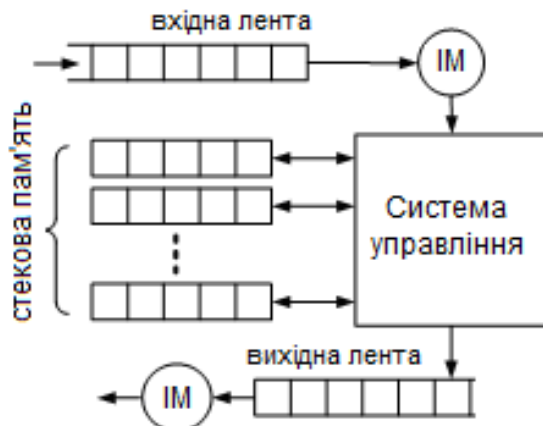


Рис. 3. Структура діагностичного модуля з інтелектуальними властивостями



Рис. 5. Онлайнне тестове діагностування ІКМ

Для того, щоб мати можливість оцінити вартість інформаційної транзакції між двома компонентами комп'ютерної системи в наданому графі с n вершинами, треба застосувати критерій якості даної структури. Цей коефіцієнт розраховується як співвідношення суми довжин мінімальних шляхів між усіма парами вершин  $\frac{1}{2}(n^2-n)$ , де  $k$  – це кількості ребер топології:

$$L = \frac{\sum_{i=1}^{\frac{1}{2}(n^2-n)} \min P_i}{\frac{1}{2}(n^2-n)} \times \frac{\frac{1}{2}(n^2-n)}{k} = \frac{\sum_{i=1}^{\frac{1}{2}(n^2-n)} \min P_i}{k} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^{\frac{1}{2}(n^2-n)} \min P_i.$$

Для знаходження всіх найкоротших шляхів та відстаней від вершини  $v_1$  (позначеної на рис. 6 як 01) до інших вершин прямокутної топології графа  $G_2$ , що має 21 вершину, здійснюється розрахунок маршруту.

Граф  $G_2$ , зображений на рис. 6, є неорієнтованим. Для вирішення поставленої задачі використовується модифікований алгоритм Дейкстри, що дає змогу знайти найкоротші шляхи. Важливо зазначити, що алгоритм Дейкстри зазнає певних змін у цьому контексті. Дерево найкоротших шляхів від вершини  $v_1$  зображено на рис. 7.

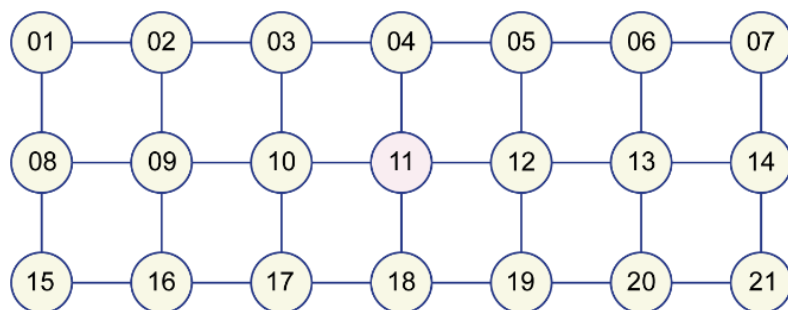


Рис. 6. Граф  $G_2$  – конфігурація ІКМ

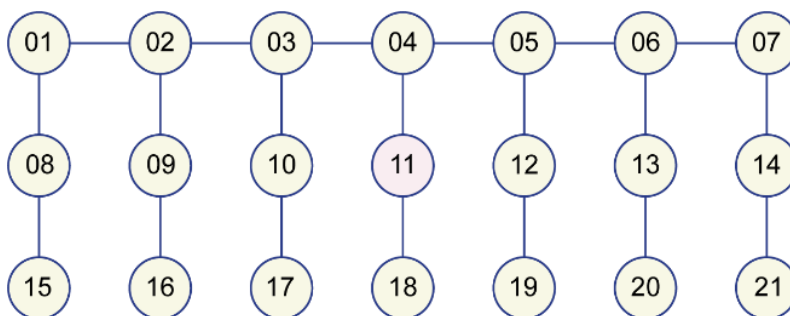


Рис. 7. Дерево найкоротших шляхів від вершини  $v_1$  графа  $G_2$

**Висновки.** У роботі доповнено та модифіковано інформаційну модель газотранспортної системи на базі комірок у вигляді ітеративних комп'ютерних мереж.

Показано доцільність використання спеціалізованих методів побудови інтелектуальної діагностичної інфраструктури для технічних систем, представлених моделлю інтерактивних комп'ютерних мереж.

Побудована ієрархічної графова модель газотранспортної мережі, яка описується інтерактивною комп'ютерною мережею на основі ієрархії моделей та розробка інтелектуальної діагностичної інфраструктури для вбудованого тестового та функціонального діагностування з метою підвищення працездатності систем критичного застосування.

### **Список літератури**

1. Пелешенко Д. С. Зв'язок атрибутів елементів різних рівнів ієрархічної графової моделі / Д. С. Пелешенко // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ" : зб. наук. тр. темат. вип. : Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків : НТУ «ХПІ», 2007. – № 41. – С. 77-82. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/30335>
2. Pakhomov Y. V. Model of automated hardware diagnostics of remote energy systems management points / M. A. Miroshnyk, Y. V. Pakhomov // Світлотехніка та електроенергетика: міжнар. наук.-техн. журнал. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова. – 2017. – № 3. – С. 3-9. DOI 10.33042/2522-1809-2021-1-161-267-273
3. Хаханов В. І Модель хмарного сервісу для пошуку оптимального шляху / С. В. Чумаченко, Е. І. Литвинова, В. І. Хаханов, А. Н. Зіарманд // Paradigmata poznání. Vědecko vydavatelské centrum «Sociosféra-CZ», s.r.o., Praha, Česká republika. – 2017. – Вып. 3. – С.63-83. doi: 10.24045/pp.2017.3.6
4. Hahanov V. Cloud-Driven Traffic Monitoring and Control Based on Smart Virtual Infrastructure / V. Hahanov, Wajeb Gharibi, E. Litvinova, S. Chumachenko, A. Ziarmand, I. Englesi, I. Gritsuk, V. Volkov, A. Khakhanova // SAE Technical Paper. USA. 2017-01-0092, 2017. 6 p. doi: 10.4271/2017-01-0092.
5. Мірошник М. А. и др. Методи побудови тестів для інтерактивних комп'ютерних мереж на структурно-логічному рівні. // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Інформатика і моделювання. – 2023. – Т. 1. – №. 1-2 (9-10)). – С. 81-90. <https://doi.org/10.20998/2411-0558.2023.01.07>
6. Моделі діагностування інтерактивних комп'ютерних мереж на структурно-логічному рівні / М. А. Мірошник, Я. Ю. Корольова, С. Д. Деменкова, А. В. Шафранський // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Інформатика та моделювання : зб. наук. пр. / гол. ред. Є. І. Сокол. – Харків: НТУ "ХПІ", 2024. – № 1-2 (11-12). – С. 96-104. <https://doi.org/10.20998/2411-0558.2024.01.08>
7. Мірошник М. А. Розроблення інтелектуальної діагностичної інфраструктури в розподілених комп'ютерних системах // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2015. – №. 3. <https://doi.org/10.18664/iksz.v0i3.53062>

### **References:**

1. Peleshenko, D. S. (2007) "Relation of attributes of elements of different levels of the hierarchical graph model" / Bulletin of National Technical University "KHPI" : a collection of scientific articles / edited by D. S. Peleshenko / edited by D. S. Peleshenko : a collection of scientific articles / edited by D. S. Peleshenko. System analysis, management and information technologies. - Kharkov : NTU "KHPI". <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/30335>

2. Pakhomov Y. V, Miroshnyk M. A. (2017) "Model of automated hardware diagnostics of remote energy systems management points", Lighting engineering and electric power engineering: international scientific and technical journal: A.M. Beketov Kharkiv National University of Nuclear Engineering. DOI 10.33042/2522-1809-2021-1-161-267-273
3. Khakhanov V. I., Chumachenko S. V., Litvinova E. I. (2017) "Model of a cloud service for finding the optimal path" // Paradigmata poznání. Vědecko vydavatelské centrum "Sociosféra-CZ", s.r.o., Praha, Česká republika. Vypl. 3. doi: 10.24045/pp.2017.3.6
4. Hahanov V., Chumachenko S. V., Litvinova E. I. (2017) "Cloud-Driven Traffic Monitoring and Control Based on Smart Virtual Infrastructure" , SAE Technical Paper. USA. doi: 10.4271/2017-01-0092.
5. Miroshnyk M. A. et al. (2023) 'Methods of prompt testing for interactive computer measurements on the structural-logical level', Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Informatics and modeling. DOI: 10.20998/2411-0558.2023.01.07
6. Miroshnyk M. A. et al. (2024) 'Models for diagnosing interactive computer networks on the structural-logical level', Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser.: Computer science and modeling: zb. Sci. pr. / goal ed. E. I. Falcon. – Kharkiv: NTU "KhPI". DOI: 10.20998/2411-0558.2024.01.08
7. Miroshnik M.A. (2015) "Development of Intelligent Diagnostic Infrastructure in Distributed Computer Systems", Information and Control Systems on Railway Transport. <https://doi.org/10.18664/ikszt.v0i3.53062>

*Надійшла 09.04.2025 р.*

*Представив д-р техн. наук, проф., професор кафедри автоматизації проектування обчислювальної техніки Харківський Національний Університет Радіоелектроніки Кривуля Генадій Федорович.*

Miroshnyk Maryna, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Professor of computing system and roboticists department,  
V. N. Karazin Kharkiv National University  
e-mail: [m.miroshnyk@karazin.ua](mailto:m.miroshnyk@karazin.ua)  
<https://orcid.org/0000-0002-2231-2529>

Kulak Elvira, PhD Tech, associate professor,  
Associate professor of Computer Systems Design Automation department,  
Kharkiv National University of Radioelectronics  
e-mail: [elvira.kulak@nure.ua](mailto:elvira.kulak@nure.ua)  
<https://orcid.org/0000-0002-8441-5187>

Fillipenko Oleh, PhD Tech, professor.  
Kharkiv National University of Radioelectronics  
e-mail: [oleh.filippenko@nure.ua](mailto:oleh.filippenko@nure.ua)  
<https://orcid.org/0000-0003-4616-250X>

Shafranskyi Andrei, graduate student of the Department of theoretical and applied systems engineering,  
V. N. Karazin Kharkiv National University  
e-mail: [shafranskyi.andrei@student.karazin.ua](mailto:shafranskyi.andrei@student.karazin.ua)  
<https://orcid.org/0009-0004-7725-3556>

**УДК 004.031.42**

**Моделі діагностування інтерактивних комп'ютерних мереж на структурно-логічному рівні / М.А. Мірошник, Е.М Кулак, О.І. Філіпенко, А.В. Шафранський // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2025. – № 2 (14). – С. 130 – 142.**

**Анотація.** У статті розглянуто моделі діагностування та цифрового моніторингу інтерактивні комп'ютерні мережі.. Показано модифіковану ієрархічну графову модель газотранспортної мережі, яка описується інтерактивною комп'ютерною мережею на основі ієрархії моделей. Запропоновано спосіб організації зв'язку атрибутів різних рівнів ієрархічної графової моделі. Запропоновано інтелектуальну діагностичну інфраструктуру для вбудованого тестового та функціонального діагностування. Іл.: 7. Бібл.: 7 назв..

**Ключові слова:** інтерактивна комп'ютерна мережа, моделі діагностування модель комп'ютерингу. діагностичний експеримент, комп'ютеринг, кіберфізична система, розумне хмарне управління, програмні компонент.

**UDC 004.03**

**Models for diagnosing interactive computer networks at the structural and logical level. / M.A. Miroshnyk, E.M Кулак, O.I. Філіпенко, A.V. Шафранський // Herald of the National Technical University "KhPI". Series of "Informatics and Modeling". – Kharkov: NTU "KhPI". – 2025. – № 2 (14). – P. 130 – 142.**

**Abstract.** The article considers the models of diagnostics and digital monitoring interactive computer networks. The modified hierarchical graph model of gas transportation network is shown, which is described by interactive computer network on the basis of model hierarchy. A method of organizing the connection of attributes of different levels of the hierarchical graph model is proposed. The intellectual diagnostic infrastructure for embedded test and functional diagnostics is proposed. 6 figures, 7 bibliographic sources. Figs.: 7. Refs.: 7 titles.

**Keywords:** interactive computer network, structural and logical level, diagnostic models, diagnostic experiment, control system.