

індуктивності кола до зміни значень перетворюваної індуктивності цього кола, порівняно з іншими схемами без L-негатронів, що дає можливість використання таких помножувачів в різноманітних індуктивних сенсорах.

### Література

1. Серьезнов А.Н. Полупроводниковые аналоги реактивностей / [Серьезнов А.Н., Степанова Л.Н., Негоденко О.Н., Путилин В.П.]. – М.: Знание, 1990. – 64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Сер. «Радиоэлектроника и связь»; № 7).
2. Серьезнов А.Н. Электронные устройства на элементах с отрицательным сопротивлением / А.Н. Серьезнов, Л.Н. Степанова. – М., 1992. – 200 с.
3. Схемотехніка, моделювання і застосування транзисторних пристроїв з отрицательним сопротивлением / [О.Н. Негоденко, К.Е. Румянцев, Л.А. Зінченко, С.И. Липко]. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2002. – 214 с.
4. Филинюк Н.А. Полупроводниковый умножитель индуктивности / Филинюк Н.А., Куземко А.М., Булыга И.В // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – № 3. – С. 150-152.
5. Ліщинська Л.Б. Оптимізація параметрів помножувача індуктивності / Ліщинська Л.Б., Булига І.В. Войцеховська О.В. – Вісник ВПІ. – 2008. – № 2. – С. 81-87.
6. Исследование умножителей индуктивности на полевом транзисторе Шоттки / [Войцеховская Е.В., Лазарев А.А., Лишинская Л.Б., Мирошникова С.В.] // Научно-технический прогресс и современная авиация.: материалы международной конференции Нанотехнология и негатроника. Азербайджан, Баку, 12-14 февраля 2009. – С. 325-328.
7. Філінюк М.А. Основи негатроніки: в 2 т Т. 1: Теоретичні і фізичні основи негатроніки.. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 456 с.
8. Філінюк М.А. Аналіз чутливості електронних кіл з L-, C-негатронами / Філінюк М.А., Лазарєв О.О // Вісник ЖІТІ. – 2003. – № 2. – С. 92-98.

Надійшла 23.2.2010 р.

УДК 004.891: 004.82

О.Я. ОЛАР

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича

## МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ПОБУДОВИ БАЗ ЗНАНЬ СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ЗАСОБІВ

*Розроблено узагальнену формальну модель процесу інтелектуального діагностування комп'ютерних засобів. Модель забезпечує формування масивів діагностичних знань, які використовуються в процесі діагностування різними інтелектуальними системами діагностування з підключенням сховищ знань. Запропоновано методи побудови баз знань систем діагностування комп'ютерних засобів.*

*A generalized formal model of process intellectual diagnostic computer means. Model to the formation of arrays of diagnostic knowledge used in the diagnosis of process of intelligent systems diagnosing connectivity of knowledge repositories. The method of building knowledge base systems diagnostic computer means.*

Ключові слова: мікропроцесорні пристрої, інтелектуальне діагностування.

**Вступ.** Динамічний розвиток та розширення сфер застосування комп'ютерних засобів (КЗ) призводить до зростання складності їх апаратних та програмних складових, що в свою чергу, ускладнює процес діагностування КЗ та їх складових на етапі експлуатації. Це робить все більш актуальною задачу забезпечення надійності їх функціонування та розроблення й впровадження більш ефективних засобів діагностування КЗ, зокрема, програмних, апаратно – програмних або апаратних пристроїв і систем діагностування.

Одним із сучасних засобів вирішення цієї задачі є впровадження інтелектуальних систем діагностування комп'ютерних засобів (ІСД КЗ) [1], або систем діагностування, що використовують окремі компоненти штучного інтелекту [2, 3].

Використання інтелектуальних систем діагностування в галузі технічного діагностування дає можливість зберігати, накопичувати та в подальшому використовувати унікальний досвід експертів-діагностів. Основним компонентом таких систем є бази знань або інші модулі, починаючи від окремих файлів зі знаннями і аж до сховищ знань, повнота яких визначає ефективність процесу діагностування. Тому основною задачею при створенні ІСД КЗ є наповнення баз знань таких систем необхідним об'ємом формалізованих знань, методів та прикладів розв'язання задач діагностування мікропроцесорних пристроїв (МПП) як складових КЗ.

Це вимагає нарощення можливостей ІСД КЗ, серед яких важливими є забезпечення універсальності подання знань, ефективності опрацювання великих об'ємів знань, організація сховищ та банків знань [4, 5].

*Метою статті* є розроблення узагальненої формальної моделі процесу інтелектуального діагностування КЗ, яка забезпечує можливість формування масивів діагностичних знань, що призначені для

реалізації процесу діагностування різними ІСД КЗ з підключенням сховищ знань та методів побудови баз знань систем діагностування КЗ.

**Узагальнена формальна модель процесу інтелектуального діагностування КЗ.** У [1] представлено структурну схему етапів розроблення ІСД, у яких управління діагностичними знаннями здійснюється на базі сховищ знань. Доповнивши цю схему елементами, що представляють джерела діагностичних знань, одержимо структурну модель розподіленого управління та використання діагностичних знань на базі сховищ знань (рис. 1). Знання поміщаються у сховище безвідносно до того, якою інтелектуальною системою діагностування мікропроцесорних пристроїв (ІСД МПП) вони будуть використовуватися.

Різні ІСД МПП реалізують процес діагностування за різними методами та алгоритмами, тому їм необхідні, відповідно, різні за об'ємом та змістом масиви діагностичних знань. Формування таких масивів знань здійснюється на етапі обслуговування.

На сьогодні питання реалізації етапу обслуговування залишаються невирішеними через відсутність такого узагальненого представлення процесу діагностування складових КЗ різними ІСД, котре дало б можливість відібрати релевантні цьому процесу діагностичні знання.

Задача ускладнюється різноманітністю та багатоваріантністю описів процесів діагностування різних ІСД МПП, які для реалізації процесу діагностування потребують різних методів та алгоритмів, а відповідно і різних за об'ємом та змістом масивів діагностичних знань. Для розв'язку цієї задачі розроблено універсальну формалізовану модель представлення процесу інтелектуального діагностування (ІД) та введено поняття контексту цього процесу [6].

*Визначення 1.* Контекстом процесу інтелектуального діагностування назвемо усю інформацію, яка використовується для характеристики цього процесу у кожен момент часу (від початку до кінця).

Для розроблення узагальненої формальної моделі процесу ІД визначимо множину об'єктів діагностування:

$$OD = \{od_i\}_{i=1}^p, \tag{1}$$

де  $od_i$  – МПП як об'єкт діагностування (ОД),  $p$  – кількість ОД.

Множину задач діагностування для цих ОД:

$$OT = \{ot_j(od_i)\}_{j=1}^s, \tag{2}$$

де  $ot_j$  – окрема задача діагностування об'єкта  $od_i$ ,  $s$  – кількість усіх задач діагностування усіх ОД.

Контекст представимо у вигляді множини:

$$K = \{k_i\}_{i=1}^n, \tag{3}$$

де  $k_i$  – елемент контексту,  $n$  – кількість усіх елементів контексту.

Для обґрунтування тієї чи іншої моделі процесу інтелектуального діагностування складових КЗ і його поля знань розглядатимемо його як процес прийняття рішення [7]. Тоді обґрунтування контексту містить етапи:

- 1) визначення цілей процесу інтелектуального діагностування, котрий передбачає відповіді на питання загального характеру – для чого потрібне діагностування, у якій формі повинен представлятися результат, як цього досягти;
- 2) аргументації – які засоби, методи, алгоритми, обладнання, спеціалісти потрібні для реалізації процесу ІД, орієнтовна вартість діагностування;
- 3) пропозицій і вибору рішення, котрий передбачає аналіз різних варіантів реалізації процесу діагностування та вибір оптимального варіанту;
- 4) підбору учасників процесу діагностування та опису ролі кожного з них, що дозволяє пов'язати етапи аргументації та пропозицій. Кожен учасник має набір характеристик – компетентність, внесок (%) в успіх діагностування і. т.і.

Визначимо обґрунтування як множину:

$$B = \{b_j\}_{j=1}^l, \tag{4}$$

де  $b_j$  – дії (відношення) по обґрунтуванню реалізації процесу діагностування МПП на базі визначеного контексту  $K$ .

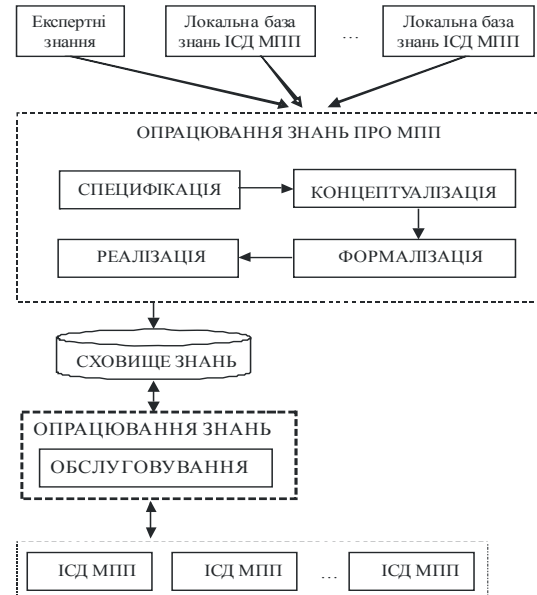


Рис. 1. Структурна модель розподіленого управління та використання діагностичних знань

У результаті дослідження контексту процесу реалізації ІД та обґрунтування моделі процесу ІД розроблено графічну модель взаємозв'язку контексту та обґрунтування процесу ІД (рис. 2).

Суть моделі полягає у наступному: задача ІД  $ot_j$  породжує набір підзадач  $ot_{j_z}$  ( $z$  – кількість підзадач), розв'язок яких визначаються пропозиціями. Пропозиції обираються на основі критеріїв оптимальності, аргументація яких або підтримує пропозицію, або відхиляє її. При цьому підзадача може спростуватись шляхом розділення її на більш прості підзадачі.

У результаті аналізу пропозицій отримуємо множину альтернативних реалізацій процесу інтелектуального діагностування КЗ у визначеному контексті:

$$R_K = \{r_{K_i}\}_{i=1}^h, \quad (5)$$

де  $h$  – кількість альтернативних варіантів.

Представлена на рис. 2 графічна модель взаємозв'язку контексту та обґрунтування процесу ІД є основою для побудови узагальноної формальної моделі процесу ІД КЗ.

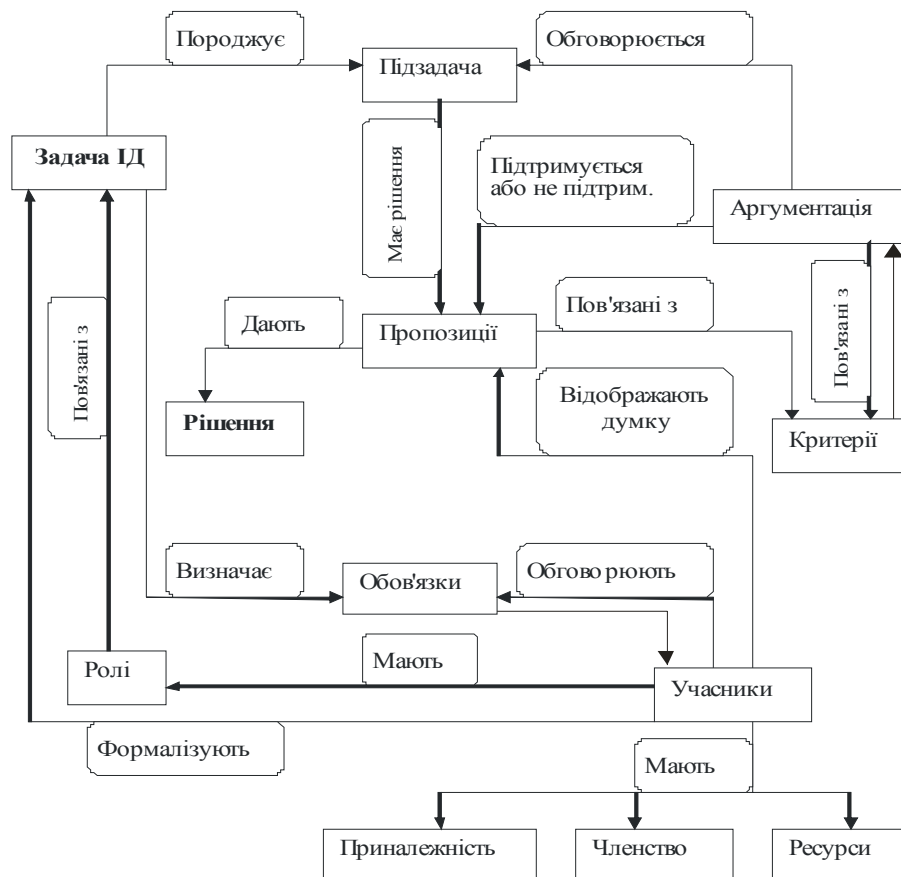


Рис. 2. Графічна модель взаємозв'язку контексту та обґрунтування процесу інтелектуального діагностування

*Визначення 3.* Узагальноною формальною моделлю процесу інтелектуального діагностування комп'ютерних засобів називатимемо набір  $M = \langle OD, OT, K, B, R(K, B) \rangle$ , що визначає реалізацію процесу діагностування у деякому визначеному контексті.

Для опису узагальноної формальної моделі процесу ІД КЗ сформуємо словники предметної галузі, котрі містять:

- $OT, OD$  – змінні, що представляють композицію об'єктів предметної галузі (ролі, вимоги, ресурси);
- $(K, B)$  – константи, що представляють значення змінних предметної галузі;
- $K, B, R$  – предикати, які відображають взаємозв'язки між об'єктами предметної галузі;
- $\langle \rangle$  – логічні дужки та зв'язувачі.

Опис ситуацій моделі складається з двох кроків: формалізації концептуального представлення, що використовується на етапі моделювання процесу ІД для виділення ситуацій (з допомогою змінних, констант та їх відношень) та генерація множини представлень опису ситуацій (з врахуванням потреб користувача).

Графічну модель взаємозв'язку контексту та обґрунтування процесу ІД описано відповідно до опису ситуацій та формального опису моделі у вигляді таблиць, які стають зв'язними між собою. Це забезпечило гнучкість формального представлення по відношенню до різних ІСД, можливість відслідковувати підзадачі нижчого рівня деталізації, обов'язки та практичні значимості учасників у вирішенні кожної задачі ІД, а також можливі рішення різних варіантів реалізації процесу діагностування

різними ІСД та визначити відповідні їм множини діагностичних знань.

В результаті опрацювання опису ситуацій набули подальшого розвитку форми подання діагностичної інформації про процес ІД складових КЗ на етапі експлуатації з врахуванням аспектів процесу діагностування з об'єктом діагностування та наявністю ресурсів, що дало можливість узагальнити процес інтелектуального діагностування для різних ІСД МПП.

Після наповнення контексту і його обґрунтування шляхом опису усіх визначених контекстом ситуацій на основі поля знань, отримаємо множину альтернативних моделей реалізації процесу ІД КЗ:

$$M' = \{m_i(R_K)\}_{i=1}^g, \quad (6)$$

де  $g$  – кількість альтернативних моделей процесу ІД,  $M' \subset M$ .

При наявності опису ситуацій, що виникають у конкретно взятих ІСД, здійснюється генерація множини моделей реалізації процесу ІД. Кожна з альтернативних моделей оцінюється за критерієм наявності необхідних для її реалізації масивів діагностичних знань у сховищі. Далі здійснюємо вибір моделі, котра буде реалізовуватись. Відображення множини моделей реалізації процесу ІД представлено у вигляді графа моделей реалізації процесу ІД [8].

Запропонована модель дає можливість отримати опис процесу діагностування ОД з врахуванням наявних ресурсів – апаратних, програмних та можливостей спеціалістів, які безпосередньо реалізовуватимуть діагностування МПП як складових КЗ та є основою для організації етапу обслуговування при розподіленому управлінні діагностичними знаннями у сховищах знань.

**Методи подання та опрацювання знань у базах знань систем діагностування КЗ.** Для організації системи знань предметної галузі "Інтелектуальне діагностування МПП" та забезпечення можливості повторного використання знань розроблено метод формування таксономії класів та метод побудови структури узагальнюючих понять.

Для розроблення таксономії створимо повний список термінів, визначимо класи і типи відношень та розробимо ієрархію класів, визначимо властивості понять. Таксономію класів здійснимо окремо для предметних галузей "Інтелектуальне діагностування МПП" та "Штучний інтелект".

Розглянемо два рівні діагностичної інформації, що є основою для виділення базових понять та їх властивостей для вказаних предметних галузей:

1) рівень явної діагностичної інформації – це діагностична інформація, що представлена у формі повідомлень, листів, довідників, патентів, алгоритмів, і т.і.

2) рівень прихованої (персональної) діагностичної інформації – це індивідуальний досвід діагностів, представлений у вигляді словесних описів.

Діагностичну інформацію вносимо у таблиці виду "об'єкт – властивість":  $(D, R)$ ,  $D \neq \emptyset$ ,  $R \neq \emptyset$ , де  $D$  – множина об'єктів,  $R$  – множина властивостей. Рядки таблиці відповідають об'єктам предметної галузі, а стовпці відображають множину властивостей цих об'єктів. Результатом побудови таблиці є встановлення бінарних відношень між об'єктами та властивостями (таблиця 1).

Таблиця 1

**Приклад табличного представлення діагностичної інформації про об'єкти та їх властивості**

	$R_1$	$R_2$	....	$R_q$
$D_1$	1	0		1
$D_2$	1	0		0
...				
$D_p$	0	0		1

Структуру класів формуємо на базі вихідних даних про предметну галузь та аналізу відношень між об'єктами та властивостями.

Суть методу побудови таксономії класів полягає у формуванні абстрактної структури класів:

1) видалимо з таблиці усі "0" стовпці, оскільки це означає відсутність такої властивості у об'єктів предметної галузі;

2) якщо є "0" рядок – ввести новий стовпець з "абстрактною властивістю" та присвоїти йому значення "1" для цього рядка;

3) кількість отриманих стовпців-властивостей визначає кількість рівнів ієрархії у таксономії класів;

4) формуємо надклас з об'єктів, для яких значення усіх стовпців рівні "1";

5) поки є стовпці, для цього класу формуємо підкласи з об'єктів, які мають на один нульовий стовпець більше.

Отримана абстрактна структура класів дозволяє фіксувати реальні (ті, для яких визначені об'єкти та властивості) та абстрактні класи (для опису яких поки-що недостатньо діагностичної інформації). Процедура формування структури класів ітеративна і дозволяє виявити неповноту опису предметної галузі [8].

У результаті опрацювання таблиць з діагностичною інформацією на основі запропонованого методу здійснимо класифікацію об'єктів, агрегування об'єктів шляхом об'єднання їх у класи, та асоціювання об'єктів враховуючи кількість різних властивостей для двох класів.

Одержану базову таксономію класів можна доповнювати при появі нової діагностичної інформації про КЗ. Для забезпечення можливості отримання нових декларативних та процедурних інтерпретацій знань предметної галузі "Інтелектуальне діагностування МПП" розроблено метод побудови структури узагальнюючих понять.

Метод побудови структури узагальнюючих понять розроблено на основі методу аналізу формальних понять (АФП). АФП є одним із напрямків теорії решіток, котрий базується на аналізі відповідності Галуа для відношення між підмножинами множин об'єктів та їх властивостей (атрибутів) [9].

Діагностичну інформацію представимо за допомогою формального контексту – таблиці,  $G = \{g_i\}_{i=1}^p$ , а стовпцями – атрибути  $M = \{m_j\}_{j=1}^q$ . Якщо об'єкт має властивість, що представлена атрибутом, то на перетині стовпця і рядка стоїть "1", тобто визначено відображення  $I \subseteq G \times M : (g, m) \in I$ . Це представлення відповідає описаній вище таблиці з діагностичною інформацією виду "об'єкт – властивість".

Формальним контекстом  $K$  називають трійку:  $K = (G, M, I)$ . Нехай  $\forall X \subseteq G$  існує множина їх спільних атрибутів:  $X' = \{m | m \in M, \forall g \in X : g I m\}$ , а для  $Y \subseteq M$  визначена множина  $Y' = \{g | g \in G, \forall m \in Y, g I m\}$ , елементами якої є об'єкти, яким відповідають усі атрибути з  $Y$ .

Пару  $(X, Y)$  називають формальним поняттям контексту  $K$ , якщо  $X = Y'$  і  $Y = X'$ . При цьому  $X$  називають об'ємом, а  $Y$  – вмістом поняття  $(X, Y)$ . Множина  $B(K) = \{(X, Y)\}$  представляє множину усіх понять контексту  $K$ . Формальне поняття  $(X_1, Y_1)$  є підпоняттям поняття  $(X_2, Y_2)$ , якщо  $X_1 \subseteq X_2$  або  $Y_1 \supseteq Y_2$ . Тоді виконується умова, що  $(X_1, Y_1) \leq (X_2, Y_2)$ . Це відношення задає на множині усіх понять замкнуту решітку  $(B(K); \leq)$ , яку називають решіткою понять.

Відношення порядку на множині усіх понять формального контексту предметної галузі "Інтелектуальне діагностування МПП" визначає структуру узагальнюючих понять "над" одержаною таксономією класів. Клас об'єктів визначається трійкою  $(X, Y, D)$ , де  $X$  – об'єкт класу,  $Y$  – наслідуючі та відмінні ознаки класу,  $D$  – відмінні ознаки класу. Візуалізація решіток понять здійснюється з допомогою діаграми Хассе (рис. 3).

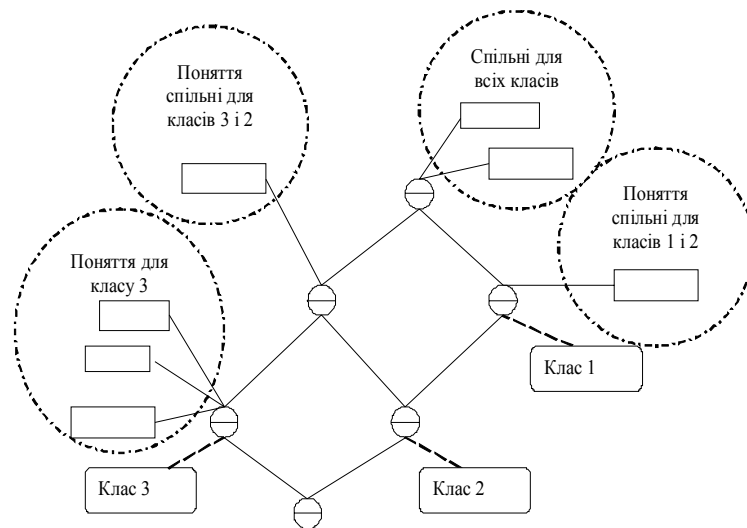


Рис. 3. Діаграма Хассе для відображення ієрархії класів понять

Ієрархія класів, побудована на основі діаграми Хассе має наступні властивості:

- $(X, Y) \in B(K)$ ;
- клас  $(X_2, Y_2, D_2)$  є надкласом класу  $(X_1, Y_1, D_1)$  якщо  $(X_1, Y_1) \leq (X_2, Y_2)$ ;
- множини відмінних ознак двох любых класів диз'юнктивні:  $D_1 \cap D_2 = \emptyset$ .

Отримана діаграма дає можливість виявити правила залежностей між підмножинами атрибутів.

Наприклад:

Правило 1. Атрибути, що стоять у нижчих вузлах, базуються на атрибутах, що знаходяться вище:

$$M1 \rightarrow M2, \tag{7}$$

де  $M1, M2 \subseteq M$ .

Правило 2. Атрибути, що знаходяться у одному вузлі, є співатрибутами (характеристиками) усіх атрибутів для усіх випадків прикладу:

$$\{M1 \rightarrow M2\} \text{ AND } \{M1 \rightarrow M2\}, \tag{8}$$

де  $M1, M2 \subseteq M$ .

У результаті одержимо базу правил-продукцій, які описують усі виявлені класи і залежності їх понять, а також ієрархію відношень класів.

Метод побудови структури узагальнюючих понять полягає у наступному. Для виявлення узагальнюючих понять у таксономії класів предметної галузі "Інтелектуальне діагностування МПП" доповнимо формальний контекст деяким цільовим атрибутом  $w \notin M$ , відносно якого множина об'єктів  $G$  розділиться на три підмножини:

1) підмножина об'єктів, яким відповідає цей цільовий атрибут  $G^1 \subseteq G$  (на перетині стовпця і стрічки стоїть "1");

2) підмножина об'єктів, яким не відповідає цей цільовий атрибут  $G^0 \subseteq G$  (на перетині стовпця і стрічки стоїть "0");

3) недовизначені об'єкти  $G^? \subseteq G$ , для яких недостатньо діагностичної інформації, щоб віднести їх до однієї з вищевказаних підмножин.

У результаті отримаємо множину з трьох підконтекстів:  $K^\tau = (G^\tau, M, I^\tau)$ ,  $\tau \in \{1, 0, ?\}$ .

*Визначення 1.* Формальний зміст поняття  $M' \subseteq M$  контексту  $K^1$  вважатимемо позитивною гіпотезою з заборонаю на контрприклад, якщо  $M'$  не є підмножиною вмісту ні одного негативного прикладу  $g \in G^0$ .

Далі формуємо правила одержання узагальнюючих понять:

*Правило 1.* Якщо недовизначений приклад  $g^?$  містить у якості підмножини позитивну гіпотезу і не містить ні однієї негативної гіпотези, то він класифікується позитивно, тобто вважається, що він має ознаку  $w$ .

*Правило 2.* Якщо недовизначений приклад  $g^?$  містить у якості підмножини негативну гіпотезу і не містить ні однієї позитивної гіпотези, то він класифікується негативно, тобто він не має ознаки  $w$ .

*Правило 3.* Якщо недовизначений приклад  $g^?$  містить у якості підмножини позитивну і негативну гіпотези, або не містить ні позитивної, ні негативної гіпотези, то його класифікація або містить протиріччя (помилка у експертних знаннях), або є недовизначеною (у формальному контексті недостатньо атрибутів класифікації, його необхідно доповнити експертними знаннями).

З огляду на особливості ОД множина правил може доповнюватись, або коригуватись шляхом внесення умов різної логічної сили для позитивних та негативних гіпотез чи відношення узагальнення для опису об'єктів. Запропоновані методи у сукупності є основою для побудови онтології цієї предметної галузі.

**Програмне забезпечення побудови баз знань систем діагностування КЗ.** Запропоновані моделі та методи є основою для розроблення програмного забезпечення побудови бази знань предметної галузі "Інтелектуальне діагностування МПП". Розроблені програмні засоби забезпечують:

- побудову словників 2 – х предметних галузей;
- заповнення таблиць діагностичною інформацією про складові КЗ;
- формування таксономії класів 2 – х предметних галузей;
- уточнення експертом недовизначених понять;
- побудову діаграми Хассе;
- формування правил-продукцій, які описують усі виявлені класи і залежності їх понять, а також ієрархію відношень класів;
- побудова словника узагальненої формальної модулі процесу ІД КЗ;
- опрацювання таблиць моделі взаємозв'язку контексту та обґрунтування процесу ІД та на їх основі формування опису ситуацій ІСД МПП;
- формування масивів діагностичних знань та інше.

Словники є основою для формування табличного представлення діагностичної інформації про об'єкти та їх властивості та містять групи термінів, котрі є характерними для окремих предметних галузей. Кожна група термінів автоматично вноситься у словник та генерує необхідну таблицю для внесення понять. Перетин стовпця та рядка у таблиці фіксують значення "0", "1" та "?", котрі встановлюють зв'язок між поняттями. Належність абстрактної властивості певному об'єкту, визначається кількістю нульових рядків та стовпцем з абстрактною властивістю на перетині яких стоїть "1". Розроблені програмні засоби зв'язують усі таблиці предметних галузей "Інтелектуальне діагностування МПП" та "Штучний інтелект" між собою. Опрацьовані таблиці з діагностичною інформацією є основою для автоматичної генерації таксономії класів понять (рис. 4).

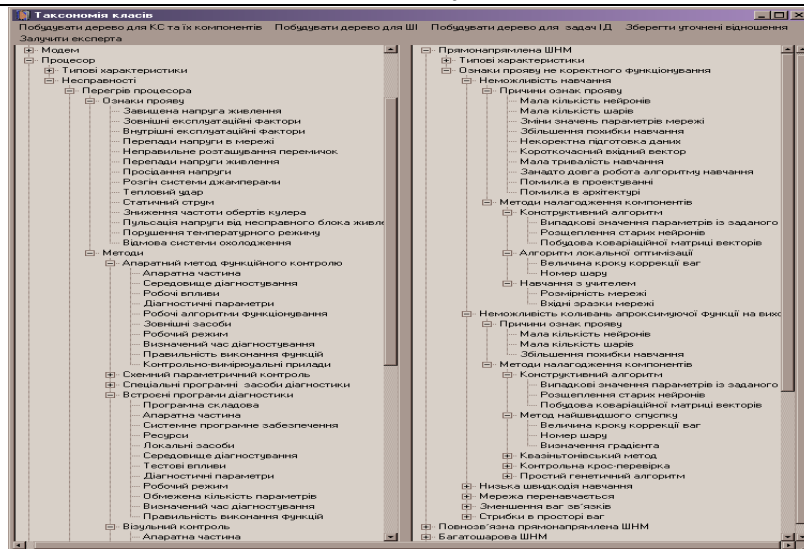


Рис. 4. Таксономія класів 2 – х предметних галузей

Формування таксономії класів здійснюється в двох режимах: із участю експерта та без його участі. Таксономія класів автоматично генерується із врахуванням внесених змін експертом.

В подальшому, розроблену базу таксономію класів можна доповнювати при появі нової діагностичної інформації про модифікації МПП як складових КЗ. Далі будується діаграма Хассе (рис. 5).

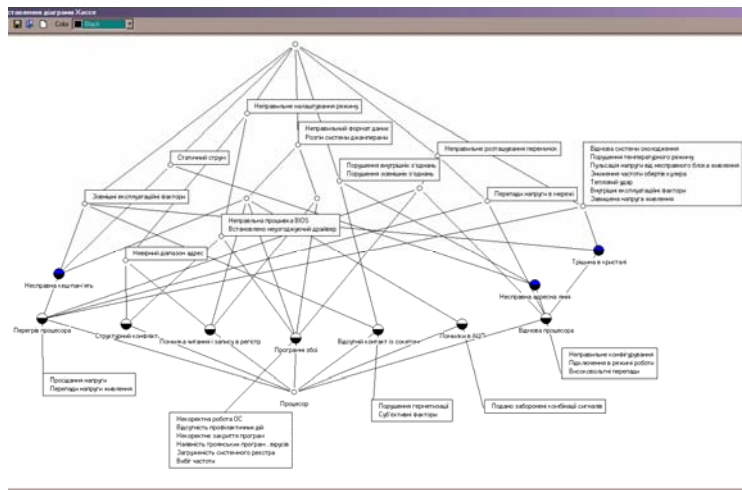


Рис. 5. Діаграма Хассе предметної галузі "Інтелектуальне діагностування МПП"

**Висновок.** Отримана узагальнена формальна модель процесу ІД КЗ є основою для організації етапу обслуговування при розподіленому управлінні діагностичними знаннями у сховищах знань. Обслуговування ІСД МПП діагностичними знаннями пропонується здійснювати шляхом відбору масивів діагностичних знань, визначених однією з альтернативних моделей.

Розроблений метод формування таксономії класів дозволяє формувати абстрактні (порожні) класи та уточнювати їх у майбутньому при появі нової діагностичної інформації. Метод також дозволяє автоматизувати генерацію ієрархії класів. Метод побудови структури узагальнюючих понять, що базується на доповненні формального контексту цільовими атрибутами, забезпечує генерування множини правил одержання узагальнюючих понять, які можуть доповнюватись та коригуватись.

Таким чином, розроблені моделі та методи забезпечують: побудову формальних моделей процесів ІД КЗ, що дає можливість формувати на їх основі унікальні масиви діагностичних знань для різних ІСД МПП, розвиток концепції управління діагностичними знаннями, яка гарантує універсальність подання діагностичних знань у сховищах знань, що підвищує їх доступність та повторну використовувальність, а це у загальному призводить до здешевлення вартості таких сховищ.

### Література

1. Поморова О.В. Теоретичні основи, методи та засоби інтелектуального діагностування комп'ютерних систем: [моног]. / Поморова О.В. – Хмельницький: ТОВ «Тріада-М», 2007. – 253 с.
2. Локазюк В.М. Інтелектуальне діагностування мікропроцесорних пристроїв та систем: [навч. посіб. для вузів] / Локазюк В.М., Поморова О.В., Домінов А.О. – Хмельницький – Київ: «Такі справи», 2001.

– 286 с.

3. Скобцов Ю.А. Логическое моделирование и тестирование цифровых устройств / Ю.А. Скобцов, В.Ю. Скобцов. – Донецк: ИПММ НАН Украины, ДонНТУ, 2005. – 436 с.

4. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевський. – СПб: Питер, 2000. – 384 с.

5. Поморова О.В. Проблеми представлення знань у багатокomпонентних системах діагностування мікропроцесорних пристроїв / О.В. Поморова, О.Я. Олар // Сучасні інформаційні технології «Дні науки'2005»: матер. міжнар. наук. – прак. конф., 15–27 квітня 2005 р. Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2005. – Т. 34. С. 16–18.

6. Поморова О.В. Узагальнена формальна модель процесу інтелектуального діагностування мікропроцесорних пристроїв та систем / О.В. Поморова, О.Я. Олар // Радіоелектронні і комп'ютерні системи, / ХАІ. – 2008. – № 5 (32). – С. 133-138.

7. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень: навч. посіб. / [Б.М. Герасимов, В.М. Локажук, О.Г. Оксіюк, О.В. Поморова]. – К.: Європ. ун-т, 2007. – 355 с.

8. Lokazyuk V. Software for Creating Knowledge Base of Intelligent Systems of Diagnosing Process / V. Lokazyuk, O. Olar, V. Lyaskevych // Advanced Computer System and Networks: Design and Application: ACSN 2009. – Lviv, 2009. – P. 140–145.

9. Wille R. Conceptual Graphs and Formal Concept Analysis / R. Wille; In: D. Lukose, H. Delugach, M. Keeler, L. Searle, John F. Sowa (eds.) // Conceptual Structures: Fulfilling Peirce's Dream, Proceedings of the Fifth International Conference on Conceptual Structures (ICCS'97), 3-8 August, Berlin: Springer Verlag, 1997. – No. 1257. – P. 290–303.

Надійшла 21.2.2010 р.

УДК 517.977.5

Г.С. РАТУШНЯК, В.В. ДЖЕДЖУЛА, К.В. АНОХІНА  
Вінницький національний технічний університет

## МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНИХ РЕЖИМІВ ТЕПЛООБМІНУ В БІОГАЗОВИХ РЕАКТОРАХ

*Розглянуто основні особливості нестационарних процесів теплообміну в біореакторах. Запропоновано математичну модель, що описує дані процеси. Використання отриманої моделі дозволить покращити процеси управління реакторами та дотримуватися технологічних режимів.*

*The basic features of non-stationary processes of heat exchange in bioreactors are considered. The mathematical model which describes the given processes is offered. Use of the received model will allow to improve managerial processes by reactors and to adhere to technological modes.*

Ключові слова: моделювання, нестационарний теплообмін, біореактор.

### Вступ. Аналіз проблеми.

Для України найактуальнішою проблемою є необхідність зменшити енергетичні витрати, зокрема вживання природного газу, що, в свою чергу, ставить на межі виживання ряд галузей народного господарства. Питома вага природного газу в енергетичному балансі складає близько 42 %, що в 2 рази перевищує аналогічний показник США і ЄС [1]. Саме тому біомаса – четверте за значенням паливо у світі – виходить на перший план, хоча поки що забезпечує лише 14 % загальносвітового вживання первинних енергоносіїв. Поновлювані ресурси палива біологічного походження України (побутові та промислові відходи, нетоварні відходи сільського та лісового господарства, стоки міст та відходи тваринництва) оцінюються в 46 млн т у. п. щорічно. Основна проблема застосування цих енергоносіїв полягає у відсутності відповідної техніки і не відпрацьованості технологій їх заготівлі, підготовки та ефективного використання [2].

Виробництво біогазу є одним із пріоритетних напрямів альтернативного енергозабезпечення. Процес анаеробного бродіння протікає при трьох основних температурних режимах: психрофільному – температура бродіння 20 °С, мезофільному – оптимальна температура 32...33 °С, термофільному 52...54 °С. Будь-які різкі зміни температури впливають негативно на процес бродіння. Для кожного режиму зброджування допустимі коливання температур  $\pm 3^\circ\text{C}$ . Метаболічна активність анаеробних бактерій знаходиться в прямій залежності від температури середовища [3]. Процес нагрівання субстрату залежить від багатьох чинників: термічного опору стінок реактору, виду й маси субстрату, його теплофізичних властивостей, температури теплоносіїв, розмірів і конструкції теплообмінних апаратів, режиму перемішування субстрату.

**Метою** даної статті є дослідження особливостей нестационарного теплообміну в біогазових реакторах і створення математичної моделі, що описує цей процес.