

ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

М.І. Горбійчук, Я.І. Заячук

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 504521
e-mail: ksm@nimg.edu.ua

Запропоновано систему, до якої входить база знань, механізм логічного висновку, підсистема набуття знань і діалоговий інтерфейс користувача, що дає змогу одночасно з детермінованою інформацією використовувати нечітку логіку і проводити ранжування обладнання.

Ключові слова: експертна система, технічний стан, нечітка логіка.

Предложена система, включающая базу знаний, механизм логического вывода, подсистему приобретения знаний и диалоговый интерфейс пользователя, что позволяет одновременно с детерминированной информацией использовать нечеткую логику и проводить ранжирование оборудования.

Ключевые слова: экспертная система, техническое состояние, нечеткая логика.

The proposed system that allows simultaneous use of information from deterministic and fuzzy logic to rankings equipment.

Keywords: expert system, fuzzy-logic.

Загалом технічний стан визначають на основі діагностичних ознак, вибір яких повинен бути раціональним. З метою діагностування повинні вибиратись найбільш істотні, найбільш значущі та інформативні з них [1]. Тому, на основі проведеного аналізу методів технічного діагностування, які використовуються на КС, вибрані такі показники технічного стану газоперекачувального обладнання:

- за результатами трибодіагностики
 - швидкість накопичення продуктів спрацювання пар тертя в моторній оливі C_i ;
- за результатами параметричної діагностики
 - коефіцієнт технічного стану ВЦН за політропним к.к.д. $K_i^{(n)}$;
 - коефіцієнт технічного стану ГТД за потужністю $K_i^{(r)}$;
 - індекс концентрації $S_i^{(v)}$ оксидів азоту і вуглецю у викидних газах;
- за результатами вібродіагностики
 - середньоквадратичне значення віброшвидкості $V_i^{(v)}$.

Сукупність вказаних параметрів повною мірою характеризує технічний стан нагнітача та ГТУ. Проте жоден параметр не вимірюється безпосередньо. Їх значення можна отримати тільки шляхом проведення розрахунків.

Враховуючи об'єктивно існуючу нечіткість інформації про об'єкт, доцільно використати апарат нечіткої логіки [2], який дає можливість об'єктивно і більш ефективно оцінити технічний стан, використовуючи нелінійні принципи формування висновків, змоделювати міркування експертів у тій предметній області, що розглядається.

Метод визначення узагальненого коефіцієнта технічного стану k_i^T i -го агрегату ґрунтується на ранжуванні агрегатів за їх технічними станом [2]. Для ранжування пропонується застосовувати метод нечіткого висновку.

Інформацією, яка надходить на вхід системи нечіткого висновку, є виміряні у певний спосіб вхідні змінні. Ці змінні відповідають реальним змінним процесу керування. Інформація, яка формується на виході системи нечіткого висновку, відповідає вихідним змінним процесу керування.

На даний час запропоновано декілька алгоритмів нечіткого висновку. Найбільшого поширення в системах нечіткого висновку набули алгоритми Мамдані (Mamdani), Цукамото (Tsukamoto) та Сугено (Sugeno).

Між основними параметрами, які визначають технічний стан i -го ГПА, і величиною k_i^T існує певний функціональний зв'язок:

$$k_i^T = f_i(C_i, K_i^{(n)}, K_i^{(r)}, V_i^{(v)}, S_i^{(v)}).$$

Нехай $x_i^{(1)} = C_i$; $x_i^{(2)} = K_i^{(n)}$; $x_i^{(3)} = K_i^{(r)}$; $x_i^{(4)} = V_i^{(v)}$; $x_i^{(5)} = S_i^{(v)}$. Тоді

$$k_i^T = f_i(x_i^{(1)}, x_i^{(2)}, x_i^{(3)}, x_i^{(4)}, x_i^{(5)}), \quad i = \overline{1, m},$$

де m - кількість ГПА.

Області зміни параметрів, які характеризують технічний стан ГПА, визначаються у вигляді діапазонів:

$$X_i^{(k)} \in [x_{i,\min}^{(k)}; x_{i,\max}^{(k)}], \quad k = \overline{1, d}, \quad d = 5,$$

де d - кількість параметрів, що характеризують технічний стан.

$$\begin{aligned}
 U_1 &= \{[0, 0.1), [0.1, 0.3), [0.3, 0.5), [0.5, 0.7), [0.7, 1)\}, \\
 U_2 &= \{[0.7, 0.76), [0.76, 0.82), [0.82, 0.88), [0.88, 0.94), [0.94, 1)\}, \\
 U_3 &= \{[0.7, 0.76), [0.76, 0.82), [0.82, 0.88), [0.88, 0.94), [0.94, 1)\}, \\
 U_4 &= \{[0, 2), [2, 4), [4, 7), [7, 10), [10, 12)\}, \\
 U_5 &= \{[0, 0.5), [0.5, 1.0), [1.0, 1.5), [1.5, 2.0), [2.0, 2.3)\}, \\
 U_6 &= \{[0.5, 0.6), [0.6, 0.7), [0.7, 0.8), [0.8, 0.9), [0.9, 1)\}
 \end{aligned}$$

Рисунок 1 – Універсальні множини параметрів

Аналогічно для вихідної змінної k_i^T :

$$K_i^T \in \left[(k_i^T)^{(\min)}; (k_i^T)^{(\max)} \right],$$

де індексами *min*, *max* позначені нижні та верхні значення вхідних $x_i^{(k)}$ і вихідних k_i^T змінних.

В [3] зазначено, що нечіткі множини, з якими доводиться оперувати при розв'язанні практичних задач, є унімодальними і нормальними. Тому постає питання побудови функції належності в умовах мінімуму вихідних даних, до яких відносяться:

- назва параметру $x_i^{(f)}$, $f = \overline{1, d}$, $i = \overline{1, m}$;
- діапазон $\left[\underline{x}_i^{(f)}; \overline{x}_i^{(f)} \right]$ зміни параметру $x_i^{(f)}$;
- кількість термів q_f , що використовуються для оціни параметрів $x_i^{(f)}$;
- назва кожного лінгвістичного терму.

В літературі стосовно визначення кількості термів не дано конкретних рекомендацій. Їх кількість вибирається з інтервалу 5 ± 2 [4]. Кількість термів, яка потрібна для фазифікації технологічних параметрів у межах допуску, наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Кількість термів, яка потрібна для фазифікації параметрів у межах допуску

Назва параметра	Кількість термів
Швидкість накопичення продуктів спрацювання в моторній оливі	4
Коефіцієнт технічного стану нагнітача за політропним к.к.д.	5
Коефіцієнт технічного стану ГТД за потужністю	5
Віброшвидкість	5
Індекс концентрації оксидів азоту і вуглецю у викидних газах	5

Як видно із таблиці для більшості параметрів необхідна кількість термів рівна 5. Тому, для опитування експертів було використано розбиття усіх параметрів на п'ять термів:

- «low» (низький) – L;
- «middlelow» (середньо-низький) – ML;
- «middle» (середній) – M;
- «middlehigh» (середньо-високий) – MH;
- «high» (високий) – H.

Функції належностей вхідних $x^{(1)}, x^{(2)}, x^{(3)}, x^{(4)}, x^{(5)}$, та вихідного k^T параметрів побудовано з використанням таких методів: статистична обробка тверджень кількох експертів; метод парних порівнянь, який виконується одним експертом; метод нечіткої класифікації. При цьому дані множини: множина термів $L = \{L, ML, M, MH, H\}$ та універсальні множини параметрів (рис. 1).

Як експерти використовувались технологічні оператори компресорних станцій. Кожен експерт заповнив анкету, в якій вказував свою думку про наявність у елементів властивостей нечіткої множини.

На основі цих даних були побудовані функції належності термів вхідних та вихідного параметрів. Створені відповідності між функціями належності μ_{li} , і правилами керування P_{li} , та сформульовано правила згідно з правилами Л. Заде [4].

Всього база знань може містити 3125 правил. Проте з розгляду були вилучені правила, в яких хоча б один із вхідних параметрів приймає значення L (для параметрів «коефіцієнт технічного стану нагнітача» та «коефіцієнт технічного стану ГТД») чи значення H (для параметрів «швидкість накопичення продуктів спрацювання в моторній оливі», «віброшвидкість» та «концентрація»). При цьому вважається, що технічний стан обладнання є незадовільним, і подальші розрахунки не проводяться. Після цих вилучень база правил містить близько 300 правил.

Синтезовано структуру типу Мамдани в системі MATLAB (рис. 2) і за результатами її роботи сформовано масив значень узагальненого коефіцієнта технічного стану.

Використовуючи розроблену нечітку структуру ранжування ГПА за технічним станом, розглянемо приклад її використання під час розрахунку коефіцієнта технічного стану для випадку, коли швидкість накопичення продуктів спрацювання в моторній оливі рівна 3,15 мг/доб; коефіцієнт технічного стану нагнітача – 0,95; коефіцієнт технічного стану ГТД – 0,95; віброшвидкість – 2,3 мм/с; індекс концентрації – 1,4.

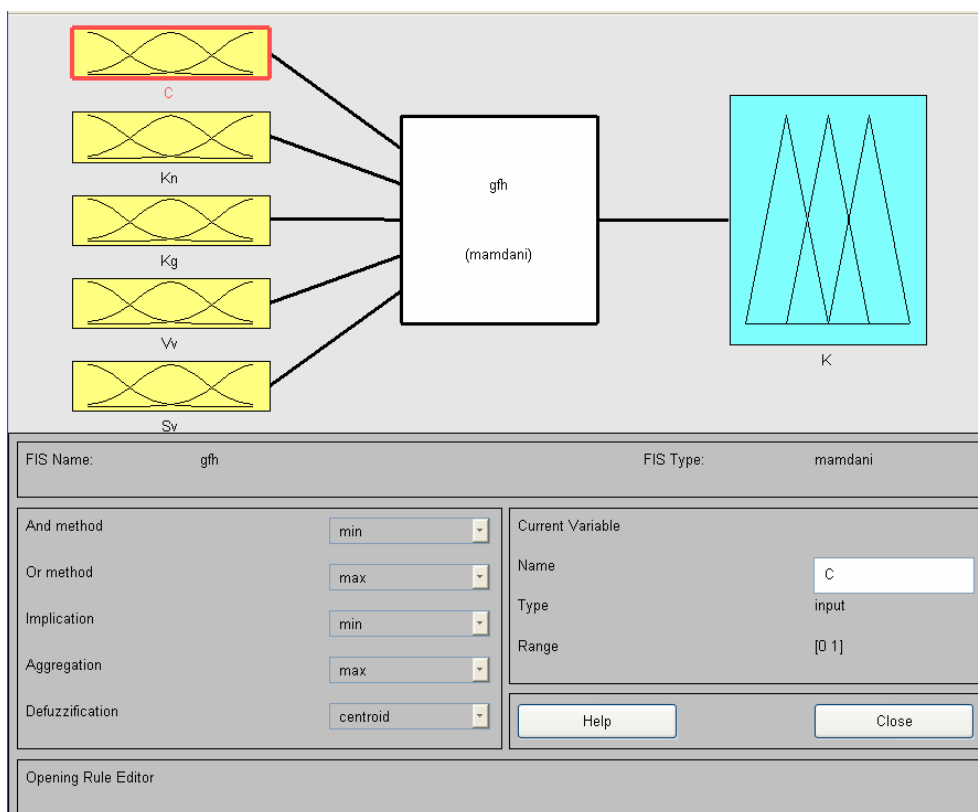


Рисунок 2 – Fuzzy модель Мамдані у програмному середовищі Matlab

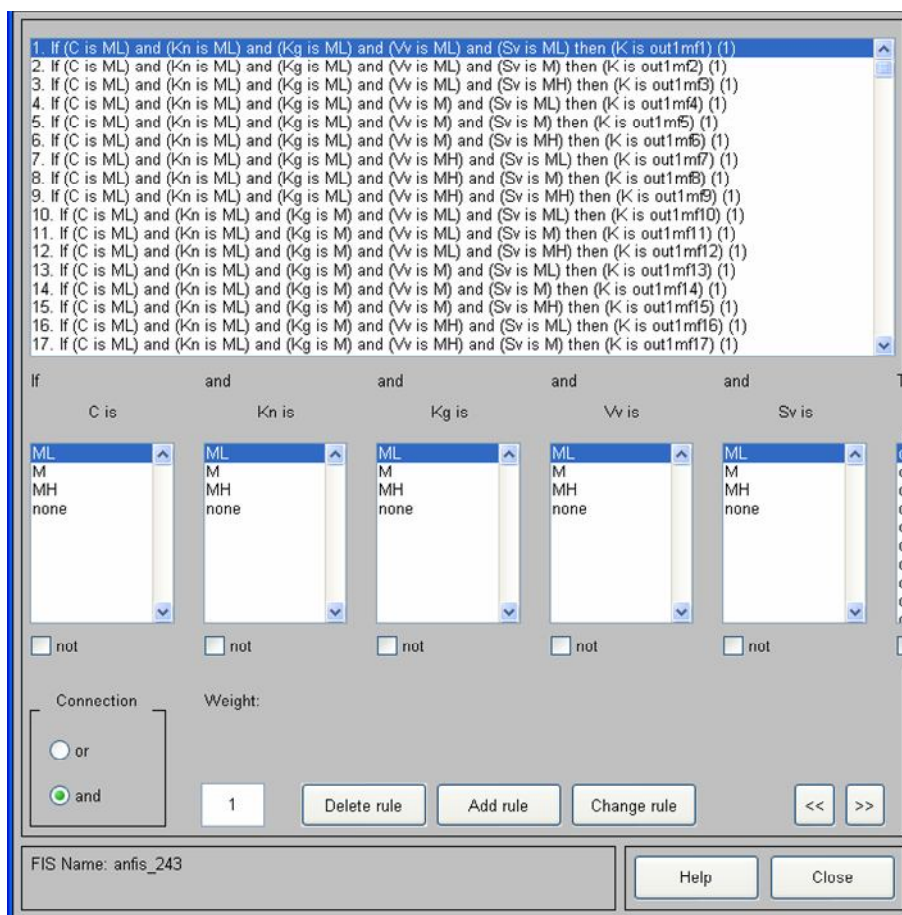


Рисунок 3 – База правил нечітких продукцій у середовищі Matlab

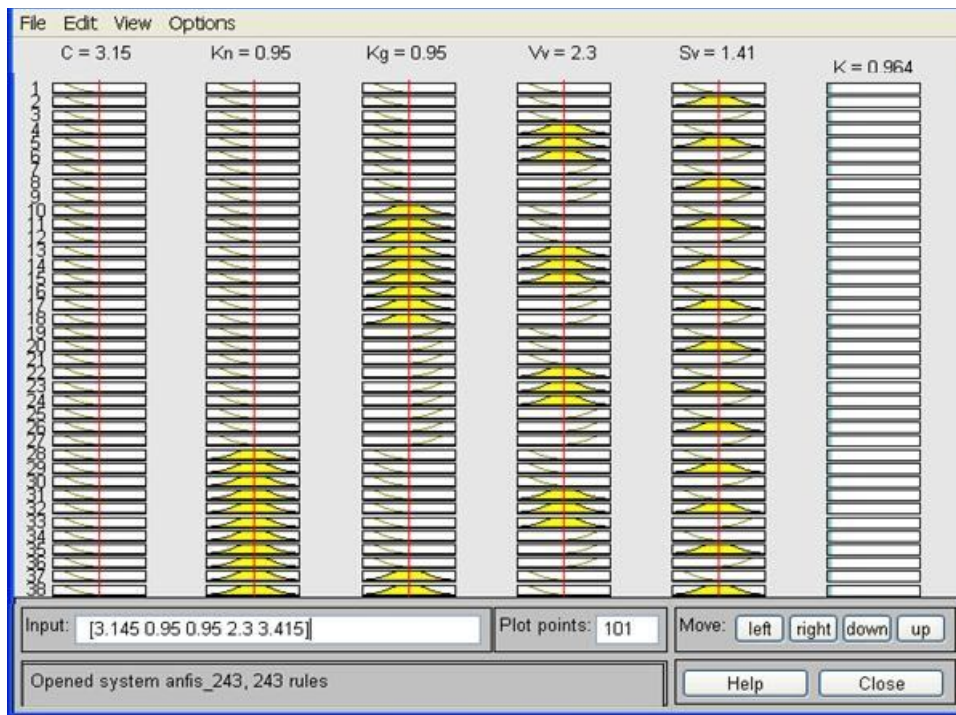


Рисунок 4 – Значення узагальненого коефіцієнта технічного стану ГПА

Активними вважаються правила, в яких використовуються відповідні підумови. Ці правила застосовуються в нечіткому висновку (рис. 3).

Результатом розв'язання задачі нечіткого висновку є число 0.96, яке вказує на те, що значення узагальненого коефіцієнта технічного стану ГПА рівне $k_i^T=0,96$ (рис. 4).

Аналогічну процедуру ранжування можна здійснити і для інших газоперекачувальних агрегатів природного газу. В подальшому налаштування нечіткої структури може бути виконане кількома можливими способами. Найбільш прийнятними з них є такі.

1 Підготовка і завантаження файлу вибірки з новими значеннями вхідних даних, які відсутні у вибірці навчальних даних, що буде формуватись в процесі експлуатації газоперекачувального обладнання.

2 Редагування типів і значень параметрів функцій належності термів вхідної і вихідної змінних за допомогою редактора функцій належності системи.

Запропонований метод ранжування ГПА дає змогу визначити: показники ефективності функціонування та діагностичні показники стану ГПА; показники технічного стану ГПА; показники ефективності роботи компресорних цехів. Він може бути використаний у керуванні режимами транспорту газу, в режимно-технологічних розрахунках та для визначення залишкового ресурсу ГПА.

Всебічна і повна оцінка проблемної ситуації дасть змогу розробити адекватну модель розв'язання конкретної задачі нечіткого керування чи прийняття рішень.

Література

- 1 Горбійчук М.І. Оптимальний розподіл навантаження між відцентровими нагнітачами природного газу з врахуванням їх технічного стану [Текст] / М.І. Горбійчук, М.І. Когутяк, Я.І. Заячук // Галицька академія. Наукові вісті. – 2007. – № 1(11). – С.131–136.
- 2 Горбійчук М.І. Метод ранжування газоперекачувальних агрегатів природного газу за їх технічним станом [Текст] / М.І. Горбійчук, М.І. Когутяк, Я.І. Заячук // Нафтогазова енергетика. – 2008. – №1 (6). – С. 36–42.
- 3 Семенцов Г. Н. Метод вибору кількості термів для нечіткого опису базових змінних в F-перетворенні параметрів і показників процесу буріння свердловин [Текст] / Г.Н. Семенцов, О.В. Фадєєва // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005. – Ч.1. Т.1. – С. 30–35.
- 4 Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений [Текст] / Заде Л. – М. : Мир, 1976. – 165 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії
02.12.10

Рекомендована до друку професором
В.М. Юрчишиним