

первинних перетворювачів.

1. Походило Є.В. Розвиток теорії та принципів побудови засобів вимірювання імітансу об'єктів кваліметрії: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.11.05 / Національний ун-т "Львівська політехніка". Львів, 2004. - 40с. 2. Раздельное преобразование комплексных сопротивлений / Добров Е.Е., Татаринцев И.Г., Черноус В.Н., Штамбергер Г.А.; Под ред. Штамбергера Г.А. - Львов: Вища школа, 1985. - 136 с. 3. Походило Є.В.

Умови роздільного вимірювання складових імітансу методом прямого перетворення // Вимірювальна техніка та метрологія. 2002.- Вип. 60. – С. 11-14.
4. Походило Є.В., Столярчук П.Г. Способи імітансного контролю якості // Методи та прилади контролю якості. - 2003. - №.11. –С. 105 - 108.
5. Походило Є.В. Оцінювання похибок вимірювання параметрів смісних перетворювачів // Вимірювальна техніка та метрологія. - 2000. –Вип. 56.- С. 24-27.

УДК 004.891.3

МЕТОДОЛОГІЯ ПОБУДОВИ ДІАГНОСТИЧНИХ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ ОБ'ЄКТІВ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ

© Заміховський Л.М., Зікратий С.В., 2005

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Розглянуто основи підходи до побудови експертних діагностичних систем об'єктів нафтогазового комплексу на прикладі структури експертних діагностичних систем газоперекачувальних агрегатів. Запропоновано дворівневу структуру експертних діагностичних систем на базі існуючої системи управління та контролю газоперекачувальних агрегатів

При вирішенні задачі оцінки технічного стану об'єктів нафтогазового комплексу досить часто приходится мати справу із неформалізованими чи складноформалізованими задачами [1]. Автоматизація таких задач не дозволяє в повній мірі застосувати звичний алгоритмічний підхід та вимагає створення систем з елементами штучного інтелекту. Одним з перспективних напрямків вирішення таких задач є створення потужних комп'ютерних систем, що називаються експертними системами (ЕС) [2].

Під експертною системою, як правило, розуміють програму, що використовує знання спеціалістів (експертів) про деяку конкретну вузькоспеціалізовану предметну область і в межах цієї області яка здатна приймати рішення на рівні експерта-професіонала.

Основні переваги ЕС [3]:

1) знання відділені від даних і потужність системи, в основному, визначається потужністю бази знань і в меншій мірі методами вирішення задач;

2) задачі, що вирішуються, є неформалізованими або слабо формалізованими і використовують евристичні, експериментальні та суб'єктивні знання експертів в певній предметній області.

Зазначені особливості ЕС зумовлюють зручність їх використання для вирішення задач оцінки технічного стану об'єкту діагностування

(ОД).

Основа експертної системи складає підсистема логічного висновку, що використовує знання із бази знань (БЗ) та генерує рекомендації по вирішенню даної задачі (рис.1).

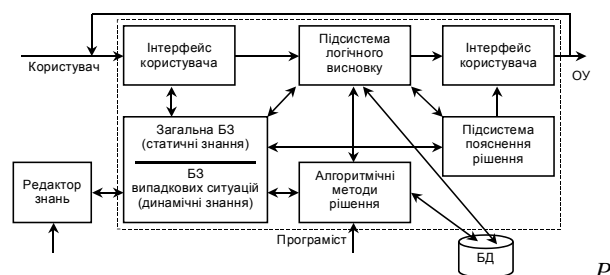


Рис.1 Типова схема ЕС

Вузька спеціалізація ЕС, що впливає з їх визначення, зумовлює також специфіку побудови ЕС для вирішення окремих задач. Тому ЕС, що призначені для вирішення задач діагностування, називаються експертними діагностичними системами (ЕДС).

Метою створення ЕДС є визначення стану об'єкта діагностування, зокрема – об'єктів нафтогазового комплексу, та видача результату у вигляді діагнозу (висновок про технічний стан об'єкту). При цьому можливі, наприклад, наступні види діагнозу [4]:

- 1) “Працездатний”, “Придатний”, “Так”;
- 2) Степінь працездатності 10...,50...,100 %, або “відмінно”, “добре”, “задовільно”;
- 3) Обладнання пропрацює 700 год.;
- 4) “Непрацездатний”, “Непридатний”, “Ні”;
- 5) “Зносилося долото”, “Обрив силового кабелю насосної установки”, “Відмовив підшипник” та інші.

Причиною втрати працездатності або різкого зниження запасу працездатності є дефект. В ОД, який складається з декількох елементів, дефектом є відмова елемента, порушення зв'язку або поява зв'язку між елементами. Виникнення дефекту в ОД, який складається з декількох елементів, не обов'язково призводить до втрати його працездатності. Число дефектів може бути достатньо великим. Причому в ОД може виникати бути одночасно декілька дефектів [4].

В загальному випадку об'єкт може знаходитися в кінцевій множині станів $S = (S_1, \dots, S_i, \dots, S_p)$.

Кожному стану відповідає певне значення якої-небудь діагностичної ознаки $\Xi = (\xi_1, \dots, \xi_j, \dots, \xi_r)$.

Причому, якщо $p=r$, то існує однозначна відповідність. В загальному випадку $p \neq r$. Область працездатності визначається як область зміни діагностичних ознак, обмежена їхніми допустимими значеннями, в якій об'єкт працездатний.

Допустимі нижні або верхні значення можна визначити з аналізу діагностичної моделі або скориставшись наближеним розрахунком [4]:

$$\xi_{\text{доп}} = \xi_{\text{гр}} \pm \Delta \xi_i \text{ або } \xi_{\text{доп}} = \xi_{\text{ном}} \cdot K, \quad (1)$$

де $\Delta \xi_i$ – запас відносно граничного значення ознаки $\xi_{\text{гр}}$, $\xi_{\text{ном}}$ – номінальне значення діагностичної ознаки, K – коефіцієнт запасу.

Дефекти ОД виявляються на основі спостереження за зміною діагностичних ознак (ДО) (параметрів або характеристик, які використовують при діагностуванні). Сукупність значень ДО повністю визначає технічний стан ОД. Досить часто в зв'язку з технічною складністю або неможливістю вимірювання, а також з урахуванням економічної доцільності із множини ДО вибирають підмножину оцінюваних ДО, потужність якої є набагато меншою за потужність повної множини ДО. У разі оцінки не всієї сукупності ДО постановка діагнозу носить імовірнісний характер.

Таким чином, знання експерта, записані у вигляді умов працездатності по кожній ДО, і система представлення знань є основою для побудови ефективних ЕДС.

Для опису своїх знань експерт повинен виконати наступне:

- 1) виділити множину відмов (дефектів) ОД, які повинна розрізняти ЕДС;
- 2) виділити множину ДО, зміна значення яких

дозволяють розрізнити кожну несправність ОД і поставити діагноз з деякою вірогідністю;

3) для вибраних ДО слід визначити умови працездатності, які можуть бути як кількісними, так і якісними.

Умови працездатності за одним параметром, як правило, задаються нерівностями, що обмежують його значення з однієї сторони: $\xi_i > \xi_i^a$, $\xi_i \geq \xi_i^a$, $\xi_i < \xi_i^b$ або $\xi_i \leq \xi_i^b$, де ξ_i – поточне значення; ξ_i^a , ξ_i^b – відповідно найменше та найбільше допустимі значення діагностичних параметрів.

В більшості випадків на діагностичні параметри задаються двосторонні обмеження виду: $\xi_i^a < \xi_i < \xi_i^b$ чи $\xi_i^a < \xi_i < \xi_i^b$.

У випадку ДО, що задається якісно, умовами працездатності можуть бути: сигнальний напис світиться яскраво, блимає, не світиться.

Для зручнішого подальшого використання якісний діапазон значень може бути закодований, наприклад, таким чином:

- 1) світиться P1=+++ (або P1=3);
- 2) блимає P1=++ (або P1=2);
- 3) не світиться P1=+ (або P1=1).

Процедура отримання інформації по кожному з параметрів визначається індивідуально в кожній конкретній системі діагностування в залежності від фізичної суті вимірюваного параметру. Ця процедура може полягати в автоматичному вимірюванні значень ДО в ЕДС, в ручному вимірюванні ДО за допомогою приладів, якісному визначенні ДО, наприклад, світиться і т.п.

Процедура визначення ДО кожного дефекту в алфавіті значень інформаційних параметрів може бути визначена таким чином. Складаються діагностичні правила, що визначають вірогідний діагноз на основі різних поєднань діапазонів значень вибраних діагностичних ознак ОД. Правила можуть бути записані в різній формі. Нижче приведена форма запису правил у вигляді таблиці (табл.1).

Для запису правил з урахуванням часових змін слід ввести ще один параметр P0 – час (ще один стовпець в таблиці). В цьому випадку діагноз може ставитися на основі декількох рядків таблиці, а в графі “Примітки” можуть бути вказані використані тести чи перевірки. Діагностична таблиця в цьому випадку представлена в табл. 2.

Для запису послідовності проведення діагностичних процедур і завдання обмежень (якщо вони є) на їх проведення може бути запропонований аналогічний механізм. Механізм запису послідовності проведення діагностичних процедур у вигляді правил реалізується, наприклад, наступним чином:

ЯКЩО: P2 = 1

ТО: перевірити ДО = ДО1, ДО3, ДО7,

де ДО1, ДО3, ДО7 – процедури вимірювання окремих ДО, що активуються при спрацюванні правила продукції P1 (наприклад, вимірювання рівня вібрації в контрольних точках).

У сучасних ЕДС застосовуються різні стратегії пошуку рішення і постановки діагнозу, які дозволяють визначити необхідні послідовності тестових процедур. Проте пріоритет в ЕС віддається перш за все знанням і досвіду, а лише потім логічному висновку.

Таблиця 1 – Діагностичні правила, виявлення можливих дефектів САК ГПА

№	P1	P2	P3	Діагноз	Вірогідність діагнозу	Примітки
1	+	++	++	Несправний процесор	0,9	
2	+	++	+++	Несправний блок живлення	0,8	

де P1 – індикатор «Зв'язок з PLC відсутній», P2 – індикатор «SBA-31», P3 – світлодіод в модулі процесора.

Таблиця 2 – Динамічні діагностичні правила процедури запуску ГПА

№	P0	P1	P2	Діагноз	Вірогідність діагнозу	Примітка
1	169 с	≤900		Дефект у стартері	0,85	
2	254 с	≤1500	≤700	Дефект запалювача	0,90	

де P1 – частота обертання КНТ, об/хв.; P2 – частота обертання КВТ, об/хв..

При розробці ЕДС для об'єктів нафтогазового комплексу необхідно врахувати наступне.

1) велику різноманітність систем управління (системи управління процесом буріння, видобутку нафти (УЕВН, ГНШУ), транспортуванням нафти і газу);

2) велику різноманітність конструкцій об'єктів і технологічних процесів;

3) наявність як дискретних (ЕОМ, реле, контактори), так і безперервних об'єктів нафтогазового комплексу (електричні машини, виконавчі механізми, регульовані органи) вимагає різного підходу при вирішенні задач діагностування;

4) різницю в структурі ОД. Мають місце як одноканальні, так і багатоканальні об'єкти. Останні мають структурне резервування, надлишковість за функціями, які здатні виконуватись, або декілька незалежних трактів. Підхід до діагностування таких об'єктів, які можуть бути тільки в працездатному або непрацездатному стані, суттєво відрізняється від підходу до діагностування багатоканальних об'єктів, виникнення дефектів в яких приводить до зниження запасу працездатності;

5) різні режими використання обладнання (довготривалий, коротко-часовий або повторно-коротко-часовий режим);

6) високу ступінь автоматизації окремих

технологічних процесів;

7) обмежені можливості відновлення об'єктів;

8) значну різноманітність умов діагностування обладнання.

Виходячи з наведених особливостей діагностування об'єктів нафтогазового комплексу, розглянемо можливу концепцію побудови ЕДС на прикладі ЕДС для оцінки стану газоперекачувальних агрегатів ГПА. В загальному випадку система технічного діагностування на базі ЕДС може бути дворівневою (рис.2).

Перший рівень – нижній або оперативний, забезпечує збір інформації про ОД і рішення задач оперативного діагностування в темпі протікання технологічних процесів, готує і передає інформацію на верхній рівень системи. Нижній рівень складають існуючі системи контролю і діагностування (СКД) на базі промислових контролерів, що широко використовуються на компресорних станціях. Існуючі СКД забезпечують, як правило, оперативний контроль основних параметрів роботи ГПА (допусковий контроль).

У випадку зміни значення (вихід за допустимі межі) хоча б одного контрольованого параметру устаткування, то підключається система, заснована на знаннях ЕДС, яка дає заключення про стан ГПА. ЕДС утворює верхній рівень СТД.

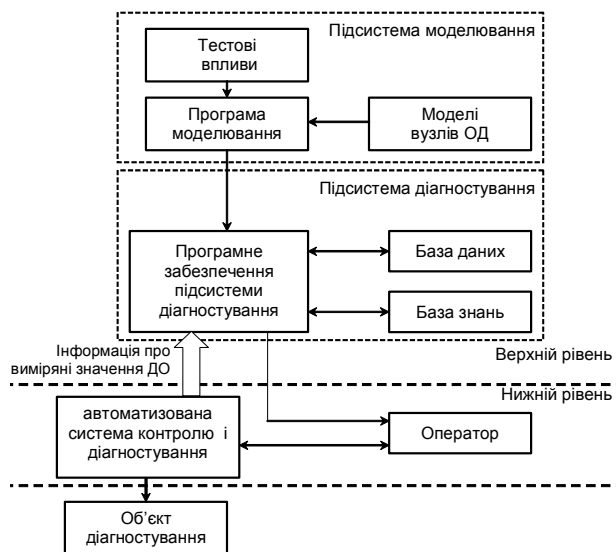


Рис.2. Загальна структура експертної системи діагностування

Верхній рівень можна також умовно поділити на дві частини: підсистему моделювання та підсистему діагностування. Перша дозволяє на основі відомих моделей окремих вузлів ГПА, ознак наявності дефектів, наприклад, оцінити критичні значення параметрів вібрації [5] чи дослідити вплив різних дефектів на значення ДО та сформулювати діагностичні правила (словник), чи спрогнозувати зміну технічного стану ОД в майбутні моменти часу. Підсистема діагностування, використовуючи інформацію про поточні значення контрольованих параметрів, з допомогою бази знань дозволяє отримати експертне заключення про стан ГПА. Основою цієї підсистеми є база знань, що містить інформацію про структуру ОД, умови працездатності по кожній із ДО, умови наявності дефектів, діагностичні правила, алгоритми діагностування та пошуку дефектів.

Представлення знань, як правило, здійснюється за допомогою правил продукції, наприклад, структура правил може мати такий вигляд:

$[Rule_{\{номер\ правила\}}]^*$
 $Diagnose = \{diagnoz\}^*$
 $Recommendation = \{рекомендація\}^*$
 $Code_{\{номер\ контрольної\ точки\}} = \{значення\}$
 $параметру\}$
 $Method = \{метод\ вимірювання\ ДО\}$
 $Visual = \{результати\ візуального\ огляду\}$.

База даних дозволяє зберігати інформацію про стан ОД (результати вимірювань чи розрахунків ДО) та результати роботи експертної системи.

Засоби верхнього рівня є набором спеціального програмного забезпечення. До спеціального програмного забезпечення відносяться програми, що забезпечують підтримку бази даних, архівацію оперативних баз нижнього рівня, експертна система. Засоби системи верхнього рівня можуть функціонувати на одній або декількох робочих станціях локальної обчислювальної мережі АСУП, що мають встановлене відповідне програмне забезпечення.

Таким чином, реалізація даної концепції ЕДС не вимагає внесення змін в існуючі системи контролю та діагностування ГПА, вона є надбудовою над ними, що зменшує початкові затрати на впровадження таких систем.

1. Заміховський Л.М., Калявін В.П. *Проектування систем діагностування: Навчальний посібник.* – Івано-Франківськ: Вид-во «Полум'я», 2003. – 248 с.
2. Попов Э. В. *Экспертные системы.* – М.: Наука, 1987. – 324 с.
3. Попов Э. В., Фоминых И. Б., Кисель Е. Б., Шапт М. Д. *Статические и динамические экспертные системы.* – М.: Финансы и статистика, 1996. – 320 с.
4. Заміховський Л.М., Калявін В.П. *Основи теорії надійності і технічної діагностики систем: Навчальний посібник.* – Івано-Франківськ: Вид-во «Полум'я», 2004. – 360 с.
5. Іванишин В.П. *Контроль вібраційного стану газоперекачувальних агрегатів. Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.11.13/ Івано-Фран. нац. техн. ун-т нафти і газу.* – Івано-Франківськ, 2005. – 20 с.