

МЕТОДОЛОГІЯ ОБРОБКИ ДІАГНОСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ПРОЦЕСІ КОНТРОЛЮ СТАНУ ГЛИБИННОНАСОСНИХ ШТАНГОВИХ УСТАНОВОК

© Заміховський Л. М., Шумада В. М., 1999

Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу

Розглянута проблема обробки експериментальної вибірки діагностичної інформації при контролі стану глибиннонасосних штангових установок (ГНШУ), покладеної в основу програмного забезпечення системи діагностування ГНШУ, результатом якої є представлення інформації і діагноз стану установки.

Механізований спосіб видобутку нафти за допомогою ГНШУ на даний час є найбільш розповсюдженим. Більше 60 % робочого фонду свердловин АТ "Укрнафта" оснащені ГНШУ. Однак видобуток нафти за їх допомогою характеризується невисоким ступенем ефективності, що обумовлюється як невеликою їх продуктивністю, так і значними матеріальними витратами на експлуатацію і обслуговування ГНШУ. Основна частка експлуатаційних витрат припадає на мало- і середньодітні свердловини, причому майже половина витрат іде на ремонт підземного обладнання, обумовлений відмовами елементів установки. Таким чином, основний резерв зниження рівня експлуатаційних витрат полягає в попередженні аварій глибинного обладнання і проведенні ремонтно-відновлювальних та профілактичних робіт за фактичною потребою, що вимагає контролю технічного стану ГНШУ. Останнє передбачає використання методів і засобів технічної діагностики. Оцінювання технічного стану ГНШУ здійснюється на основі аналізу діагностичних ознак (параметрів і характеристик), які використовуються при діагностуванні. Діагностичне забезпечення ГНШУ включає методологію, моделі, алгоритми, методи, процедури і технічні засоби діагностування. При його розробці одним із перших і основних етапів є отримання і обробка діагностичної інформації.

В розробленій на кафедрі автоматизованого управління ІФДТУНГ системі діагностування ГНШУ отримання експериментальної вибірки діагностичної інформації здійснюється під управлінням програмного модуля - асемблер-програми, що управляє процесом зчитування даних і формування файлів даних, отриманих з давачів навантаження і вібрації. Функції вторинної обробки, діагнозу виконуються програмою "MODEL", написаною з застосуванням мови програмування Borland C++, та бібліотеки візуальних компонентів OWL.

Зупинимось більш детально на методології об-

робки інформації і встановленні діагнозу на прикладі методу діагностування ГНШУ за вторинними ознаками динамограми. Метою такої обробки є нормування масиву по довжині і дискретності для можливості представлення їх у вигляді спеціальної традиційної діаграми - динамограми і реалізація алгоритму розпізнавання образів на основі їх представлення в базисі Фур'є [1]. Експериментальна вибірка формується протягом 40 секунд, що обов'язково включає два робочі цикли роботи ШГНУ. З метою точного визначення періоду вибірки використовується нормована автокореляційна функція $r_{xx}(f)$ [2]:

$$r_{xx}(j) = \frac{\sum_{i=1, j=0}^n X_i^0 \cdot X_{i+j}^0}{n \cdot D_x}, \quad (1)$$

де n - кількість відліків, для якої здійснюється обробка; X_i^0, X_{i+j}^0 - центровані значення експериментальних відліків; D_x - оцінка дисперсії експериментальних даних; $r_{xx}(j)$ - визначає період діагностичного сигналу.

Наступним етапом обробки експериментальних даних є точне визначення точки початку циклу, для чого доцільно скористатися нормованою взаємореляційною функцією для сигналу, отриманого в процесі експлуатації ГНШУ та еталонного сигналу цієї ж установки, який може бути визначений як експериментально (зразу ж після підземного ремонту свердловини), так і шляхом моделювання (програма "MODEL" дозволяє це зробити). Для забезпечення правильності процедури, в зв'язку з дослідженням різних періодичних даних, можливістю використання різної тривалості зчитування даних, тощо, доцільно, як уже було відмічено вище, провести нормування експериментального масиву. Засобом такої нормалізації повинно бути перетворення експериментальної вибірки в нормовану по дискретнос-

ті решітчасту функцію шляхом інтерполяції і апроксимації експериментальної функції, тобто обрахунок значень інтерполюючої функції в нових точках (новому зразку). Це відома і поширена числова процедура, причому поліноміальна інтерполяція і апроксимація не забезпечує неперервність похідних функції, тому в результаті можуть виникати значні похибки між вузлами, що, безумовно, приводить до спотворення графічних образів, на основі яких формується діагноз. Крім того, вона погано пристосована для екстраполяції і, як правило, не забезпечує правильну асимптотичну поведінку $Y(x)$ при зміні аргументу x за межами інтервалу інтерполяції, що має місце при моделюванні еталонів. Тому в даному випадку використовується інтерполяція і апроксимація за допомогою сплайн-функцій, а саме сплайн-многочленів третього порядку (кубічних сплайнів). Для процедури нормалізації експериментальної вибірки використовувалося задавання кубічного сплайну локальним способом – це спрощений спосіб багатointervalної інтерполяції, при якому інтерполюючий поліном забезпечує рівність його значень значенням Y_i у вузлах, а також неперервність заданого числа перших похідних на границях часткових інтервалів. Тобто використовувалося інтерполююча функція у вигляді полінома третього степеня [3]:

$$i = \text{int}((x - a) / h), \quad (2)$$

$$Y(x) = \frac{(x_{i+1} - x)^2 \cdot (2(x - x_i) + h)}{h^3} \cdot y_i + \frac{(x - x_i)^2 \cdot (2(x_{i+1} - x) + h)}{h^3} \cdot y_{i+1} + \frac{(x_{i+1} - x)^2 \cdot (x - x_i)}{h^2} \cdot m_i - \frac{(x - x_i)^2 \cdot (x - x_{i+1})}{h^2} \cdot m_{i+1}, \quad (3)$$

де $x_0 = a$ – початкова точка інтервалу; h – крок розміщення вузлів; m_i, m_{i+1} – перші похідні $Y(x)$, що можуть бути обраховані з допомогою формул чисельного диференціювання по трьох точках, або задатися безпосередньо у виді масиву m_i .

Для нормованого масиву, з метою визначення точки початку циклу використовується нормована взаємкореляційна функція з визначеним еталонном

$$r_{xy}(j) = \frac{R_{xy}(j)}{\sqrt{D_x^2 + D_y^2}}, \quad (4)$$

де $R_{xy}(j) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1, j=0}^n X_i^0 \cdot Y_{i+j}^0$ - взаємкореляційна функція.

Відображення часового представлення експериментальних даних у виді динамограми $P = f(S)$ здійснюється шляхом перетворення координат [4] за такою кінематичною залежністю:

$$S(\varphi) = r \cdot \frac{l_1}{l_2} \cdot \left[(1 - \cos \varphi) + \frac{1 \cdot r}{2 \cdot l_3} \cdot \sin^2 \varphi \right], \quad (5)$$

де φ – кут повороту кривошипа верстата-качалки (ВК); r, l_1, l_2, l_3 – конструктивні кінематичні параметри ВК.

Реалізація діагнозу стану ГНШУ здійснюється з використанням представлення експериментальних даних усіченим рядом Фур'є. Як класифікаційна ознака використовується співвідношення між комплексними коефіцієнтами Фур'є:

$$\dot{X}_k = \alpha_k \cdot e^{j\beta_k}, \quad (6)$$

де $k = \overline{1, N}$ - порядок складової ряду Фур'є,

$\alpha_k = \left| \frac{\dot{C}_k}{\dot{C}_k} \right|$ - амплітудні складові ознак,

$\beta_k = k\varphi_k - \varphi_k$ - фазові складові класифікаційних ознак.

Необхідно відмітити, що дані ознаки інваріантні до паралельних часових переносів і лінійних масштабних змін, що є важливим як для фактичного діагнозу, так і при моделюванні. Кінцевий діагноз реалізується шляхом визначення міри близькості відповідного робочого і еталонного образів станів ГНШУ.

1. Заміховський Л., Калмиков О., Шумада В., Діагностування глибиннонасосних установок при малоінерційних (тихохідних) режимах роботи. // Методи і засоби технічної діагностики: збірник праць міжнародної міжвузівської школи-семінару, Івано-Франківськ, ІФДТУНГ. - 1999. - випуск XIV. - С. 123-131. 2. Генкин М. Д., Соколова А. Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. - М.: Машиностроение, 1987. 3. Щуп Т. Решение инженерных задач на ЭВМ. - М.: Мир, 1982. 4. Чичеров Л. Г. Нефтепромысловые машины и механизмы: Учебное пособие для вузов. - М.: Недра, 1983.