

УДК 621.3.049.771.14

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА МЕТОДОЛОГІЯ ФОРМАЛІЗАЦІЇ СТАНІВ КВАЗІСТАЦІОНАРНИХ ОБ'ЄКТІВ

Н.Г. Ширмовська

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул.Карпатська, 15,
м.Івано-Франківськ, 76019, тел.(06422) 504521*

Викладена методологія та теоретичні основи, які дозволяють провести детальний аналіз технологічних, інформаційних, евристичних та перехідних станів об'єктів управління, що в свою чергу спрощує діагностику аварійних та предаварійних станів об'єктів.

Ключові слова: квазістаціонарний об'єкт управління, технологічний стан, інформаційний стан, евристичний стан, логіко-статистична інформаційна модель, предаварійний стан.

Изложена методология и теоретические основы, которые позволяют провести детальный анализ технологических, информационных, эвристических и переходных состояний объектов управления, что в свою очередь упрощает диагностику аварийных и предаварийных состояний объектов.

Ключевые слова: квазистационарный объект управления, технологическое состояние, информационное состояние, эвристическое состояние, логико-статистическая информационная модель, предаварийное состояние.

Described methodology and theoretical foundations that allow to conduct a detailed analysis of technological, information, heuristic and transition states management objects, which in turn simplifies the diagnosis of emergency conditions and Pre objects.

Keywords: quasi-stationary object management, technological status, status information, heuristic state, logical and statistical information model, Pre condition.

Проектування розподілених комп'ютерних систем для об'єктів, які характеризуються квазістаціонарними станами як показано Харрісоном [1], в першу чергу повинно бути направлене на розробку програмного та алгоритмічного забезпечення, яке б відпрацьовувало управління об'єктом в моменти його переходу з одного стану в інший. При цьому в якості основної теоретичної бази доцільно використовувати теорію кластерних моделей, а також розробити теоретичні основи динамічних логіко-статистичних інформаційних моделей, які орієнтовані на контроль норми квазістаціонарних процесів.

Особливістю квазістаціонарних об'єктів управління є багатогранність їх квазістаціонарних станів, які можуть класифікуватися як технологічні, інформаційні та евристичні.

Під технологічним станом об'єкта управління будемо вважати системний опис його стаціонарного стану, який відображається наступним функціоналом:

$$TS_j(t) = F_j(x(t), t, D_x, \sigma_x, M_x, M_j, M_v, R_{xx}, S(\omega), I_x), (1)$$

де $j = 1, 2, 3, \dots$ - номер технологічного стану, t - час, D - дисперсія, σ - середньоквадратичне відхилення, M_x - вибіркове математичне сподівання, M_j - ковзне математичне сподівання, M_v - вагове математичне сподівання, R_{xx} - автокореляційна модель, $S(\omega)$ - спектральна характеристика, I_x - ентропія.

Таким чином, технологічний стан об'єкта управління описується інформаційною моделлю $TS_j(t)$. В той же час така ідентифікація технологічного стану може бути неадекватною в зв'язку з тим, що різні технологічні процеси об'єкта управління можуть описуватися однаковими параметрами інформаційної моделі (1).

Наприклад, при виконанні процесів буріння у нафтогазовій промисловості бурові установки можуть описуватися наступними технологічними станами [2,3]:

- буріння,
- спуск,
- підйом,
- заміна долота,
- промивка,
- компоновка,
- простій,
- очікування,
- розбурювання цементного молота,
- аварія.

При цьому процес буріння може стосуватися розбурювання цементного моста або фрезерування бурової колони, або калібрування стовбура свердловини розширювачем. В той же час інформаційні характеристики, якими описуються дані процеси, будуть ідентичними і нерозрізненими з інформаційних позицій. Тобто, різним технологічним станам можуть відповідати однакові інформаційні стани. На практиці дана задача вирішується шляхом оснащення оператора бурової установки адаптером, за допомогою якого оператор уточнює тип технологічного стану. Очевидно, що при цьому повинна змінюватися стратегія та інформаційна технологія виявлення передаварійних та аварійних ситуацій на об'єкті управління згідно модифікацій відповідних класів кластерних моделей.

Викладене вище дозволяє стверджувати, що інформаційний стан об'єкта управління ідентифікується однаковістю параметрів функціоналу (1) незалежно від того, яка технологічна операція виконується на об'єкті. Важливим аспектом при цьому являється можливість ідентифікації стану об'єкта без участі оператора. На основі обчислення Хеммінгових віддалей [4] між окремими параметрами функціоналу (1) для j -го стану об'єкта управління повинна виконуватися умова:

$$M_j = \sum_{i=1}^n V_{ij} |X_{ji} - Z_{ij}| \Rightarrow \min, \quad (2)$$

де V_{ij} - вагова функція компоненту функціоналу (1), X_{ij} - текучі технологічні параметри, Z_{ij} - режимні (еталонні) параметри норми певного стану об'єкта управління у часовому інтервалі стаціонарності.

Під поняттям евристичного стану розуміємо певний ансамбль значень компонентів функціоналу (1), який відповідає особливим ергономічно-небезпечним станам об'єкта управління, які характеризуються, наприклад, такими параметрами:

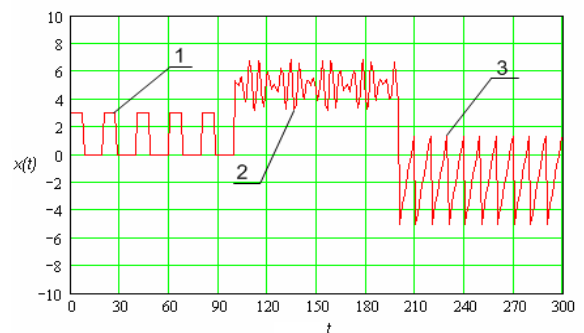
– границя між ламінарним і турбулентним характером руху рідини обумовленої числом Рейнольда;

- температура кипіння певної рідини (води +100°C, машинного масла +250°C, точком замерзання води +4°C);
- момент на роторі, який перевищує пластичну пружність металу;
- рівень потоку нейтронів в атомному реакторі.

Евристичний стан квазістаціонарних об'єктів управління може ідентифікуватися певною комбінацією значень, кожен з яких не виходить за границі норми, наприклад, граничну точку утворення туману, яка залежить від температури, тиску і вологості або характеристики бурового розчину, які визначаються в'язкістю, температурою, питомою вагою та тиском, які можуть призводити до випадання шламу на вибій свердловини та прихвату бурової колони.

Інформаційна технологія виявлення передаварійних ситуацій включає наступні процедури.

Нехай об'єкт може знаходитися в трьох квазістаціонарних станах (рис.1).



1 – стан S_1 ; 2 – стан S_2 ; 3 – стан S_3

Рисунок 1 – Продукційна модель станів квазістаціонарного об'єкта

З рис.1 видно, що об'єкт може знаходитися в станах S_1 , S_2 , S_3 , які характеризуються системними параметрами, що описується функціоналом (1).

Таким чином, згідно функціоналу (1) об'єкт в станах S_1 , S_2 , S_3 характеризується наступними системними параметрами:

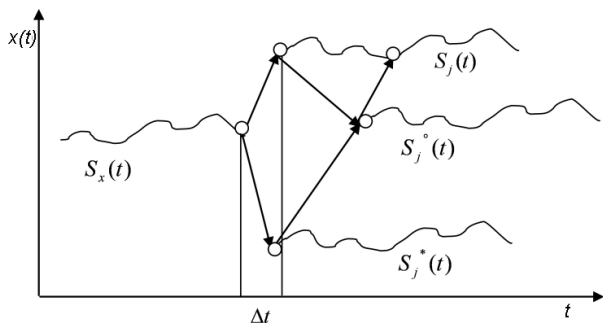
$$\begin{aligned} S_1(t) &= F_1(x[t_0, t_1], D_1, \sigma_1, M_{x1}, M_{j1}, M_{v1}, R_{x1}, S_1(\omega), I_{x1}), \\ S_2(t) &= F_2(x[t_1, t_2], D_2, \sigma_2, M_{x2}, M_{j2}, M_{v2}, R_{x2}, S_2(\omega), I_{x2}), \quad (3) \\ S_3(t) &= F_3(x[t_2, t_3], D_3, \sigma_3, M_{x3}, M_{j3}, M_{v3}, R_{x3}, S_3(\omega), I_{x3}). \end{aligned}$$

Розрахунки системних характеристик згідно виразу (3) наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Системні параметри квазістаціонарних об’єктів управління

Символ системних параметрів	Аналітичний вираз	Символ системних характеристик	Аналітичний вираз
$M_x(t)$	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$	$R_{xx}(j)$	$\frac{1}{n} \sum_{i=1+j}^{n+j} x_i \cdot x_{i+j}$
$M_j(t)$	$\frac{1}{n} \sum_{i=1+j}^{n+j} X_{i+j}$	$S_x(\omega)$	$\frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} R_{xx}(t) \cos(\omega t) dt$
M_v	$\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1+j}^{n+j} V_{i-j} \cdot X_{i+j}$	I_x - за Хартлі	$\hat{E}(\log_2 A)n$
		$I_x - 3\sigma_x$	$\hat{E}(\log_2 3S_x)n$
$D_x(t)$	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - M_x)^2$	I_x - за Шеноном	$-P_i \cdot \ln_2 P_i$
$\sigma_x(t)$	$\sqrt{D_x(t)}$	I_x - за кореляційною оцінкою	$\frac{1}{2\pi} \hat{E}(\log_2 \sqrt{1 - \rho_{xx}^2(j)})$

В табл. 1: n - об’єм вибірки, $i = 0..n$, $j = 0..n-1$, X_i - продискретизовані значення вибірки, V_{ij} - вагова функція, \hat{x}_{ij} - центровані значення, A - амплітуда, \hat{E} - цілочисельна функція з округленням до більшого цілого, P_i - ймовірність переходу об’єкта управління в конкретний стан, ρ_{xx} - нормована автокореляційна модель.



S_x, S_j - штатні стани об’єкта;
 $S_j^o(t)$ - передаварійний стан об’єкта;
 $S_j^*(t)$ - аварійний стан об’єкта

Рисунок 2 – Динамічна логіко-статистична інформаційна модель квазістаціонарного об’єкта

Першою функцією процедури є діагностика станів об’єкта:

1) ідентифікують інформаційні стани об’єкта $S_{OY} = (S_i, S_T, S_e)$, (4)

де S_i - інформаційний стан об’єкта, S_T - технологічний стан об’єкта, S_e - евристичний стан об’єкта, згідно аналітичних виразів системних параметрів характеристичного функціоналу обчислюють в кожному j -му стані згідно табл. 1;

2) згідно стану S_j розраховують стаціонарні логіко-статистичні інформаційні моделі (ЛСІМ) наступних типів згідно виразів табл. 2:

Таблиця 2 – Типи стаціонарних ЛСІМ

Тип ЛСІМ	Аналітичний вираз
ЛСІМ 1 контроль відхилення по амплітуді	$L_1 = \begin{cases} 0, & X_i \in \epsilon_1 \\ 1, & X_i \notin \epsilon_1 \end{cases}$
ЛСІМ 2 контроль відхилення по динаміці	$L_2 = \begin{cases} 0, & C_{xx}(j) < \epsilon_2 \\ 1, & C_{xx}(j) \geq \epsilon_2 \end{cases}$
ЛСІМ 3 контроль відхилення по фазі	$L_3 = \begin{cases} 0, & \rho_{xy} > 0 \\ 1, & \rho_{xy} \leq 0 \end{cases}$
ЛСІМ 4 реагує на зміну спектра	$L_3 = \begin{cases} 0, & S(\omega) > 0 \\ 1, & S(\omega) \leq 0 \end{cases}$
ЛСІМ 5 реагує на зміну глобальної дисперсії	$L_5 = \begin{cases} 0, & D > \epsilon_5 \\ 1, & D \leq \epsilon_5 \end{cases}$

В табл. 2: ϵ_1 - апертура по амплітуді, ϵ_2 - апертура по динаміці, C_{xx} - структурна автокореляційна модель, D - глобальна

дисперсія, ε_5 - апертура зміни глобальної дисперсії;

3) розраховують функції передбачення на декілька кроків вперед за допомогою екстраполяційних моделей, що базуються на інтерполяційних поліномах Лагранжа і Ньютона. Екстраполяційна модель, що використовує поліноми Лагранжа, має вигляд:

$$F(t) = \sum_{i=0}^n \xi_i \varphi_i(t) = \xi_0 \varphi_0(t) + \xi_1 \varphi_1(t) + \mathbf{L} + \xi_n \varphi_n(t), \quad (4)$$

де

$$\varphi_i(t) = \frac{(t-t_0)(t-t_1)\mathbf{K}(t-t_{i-1})(t-t_{i+1})\mathbf{L}(t-t_n)}{(t_i-t_0)(t_i-t_1)\mathbf{K}(t_i-t_{i-1})(t_i-t_{i+1})\mathbf{L}(t_i-t_n)} \equiv \prod_{j=0, j \neq i}^n \frac{(t-t_j)}{(t_i-t_j)}, \quad (5)$$

$i = \overline{0, n}$, ξ_i - значення $\xi(t)$ в момент часу t_i ; $t_i \in T_1$; $\xi(t)$ - сукупність технологічних параметрів.

Екстраполяційна модель, що використовує поліноми Ньютона, має вигляд:

$$F(t) = c_0 + c_1(t-t_0) + c_2(t-t_0)(t-t_1) + \mathbf{L} + c_n(t-t_0)(t-t_1) \cdot \mathbf{L} \cdot (t-t_{n-1}) \equiv \sum_{i=0}^n c_i \prod_{j=0}^{i-1} (t-t_j), \quad (6)$$

де c_i - коефіцієнти, які обчислюються наступним чином:

$$c_i = \frac{\xi_i - c_0 - \sum_{j=1}^{i-1} c_j \prod_{k=0}^{j-1} (t_i - t_k)}{\prod_{k=0}^{i-1} (t_i - t_k)}, \quad i = \overline{1, n}, \quad c_0 = \xi_0; \quad (7)$$

4) розраховують динамічні ЛСІМ напрямку та динамічності переходу об'єкта в новий стан:

$$L_6 = \begin{cases} 0, S_x \in S_j, \Delta t > C \\ 1, S_x \in S_j, \Delta t < C \\ 1, S_x \in S_j^\circ \vee S_j^*, \Delta t > C \end{cases}, \quad (8)$$

де C - апертура;

5) перевіряють, на відповідність напрямків та інтенсивності переходу в штатний стан S_j° . Прогнозують час штатного переходу об'єкта з S_j в S_j° , ідентифікують стан норми або передаварійний стан;

6) спостерігають об'єкт в стані $S_j^\circ(t)$;

7) розраховують системні параметри об'єкта в стані S_j , порівнюють їх з еталонними на основі Хеммінгових віддалей (2) і перевіряють стан об'єкта (чи аварійний стан);

8) розробляють алгоритми та програмне забезпечення діагностування передаварійних та аварійних станів.

ВИСНОВКИ

Викладені теоретичні основи та методології формалізації технологічних, інформаційних та евристичних станів квазістаціонарних об'єктів з урахуванням ступеня динамічності та адекватності їх переходів з одного стану в інший, які можуть бути ефективно використані для широкого класу об'єктів різних галузей промисловості. Найбільш доцільно використовувати розраховану інформаційну технологію для енергоємних об'єктів, в тому числі нафтогазовій промисловості, наприклад, процесів буріння, газоперекачувальних агрегатів, нафтогазопроводів тощо.

1. Харрисон У. *Теорія твердого тела* / У. Харрисон. - М.: Мир, 1972. - 616 с. 2. Курилів І.О. *Моделювання витрат енергоспоживання бурових установок як квазістаціонарних об'єктів енергетики* // Ю. Курилів // "Інформаційні проблеми комп'ютерних систем, юриспруденції, економіки та моделювання". - Бучач, 2008. 3. Николайчук Я.М., Клим Б.М. *Формалізація процедури вводу в ЕВМ суточного рапорта бурового мастера* // *Автоматизація і телемеханізація нафтяної промисловості. №11*, 1981. 4. Заведюк Т.О. *Кореляційні моделі та їх застосування для розпізнавання образів* // *Матеріали 4-ої Міжнародної науково-технічної конференції ACSN-2009 "Сучасні комп'ютерні системи та мережі: розробка та використання"*, - Львів, 2009. 5. Ширмовська Н.Г. *Діагностування аварійних та передаварійних станів об'єктів на основі інформаційних моделей джерел інформації: матеріали проблемно-наукової міжгалузевої конф. "Інформаційні проблеми комп'ютерних систем, юриспруденції, економіки та моделювання"*- Бучач, 2009. 6. Shirmovska N.G. *Diagnosing of accident rate of the technological states of objects on the base of cross-correlation models of information sources : Proceedings of the 4-th International Conference ACSN - 2009 "Advanced Computer Systems and Networks: Design and Application"* - Lviv, 2009.

Поступила в редакцію 18.01.2010 р.

Рекомендував до друку докт. техн. наук, проф. Кісіль І.С.