

ТЕХНОЛОГІЧНЕ УСПАДКОВУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИРОБІВ
В УМОВАХ САМООРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Кусий Я.М., к.т.н., доцент, Погорілий Ю.О., студент

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Об'єднання теоретико-експериментальних підходів дослідження фізики відмов, комп'ютерного моделювання та статистичного оброблення і аналізу експлуатаційної інформації [1] доцільно реалізовувати з єдиних синергетичних позицій для оцінки спонтанного формування структур та їх поведінки [2-4]. Рациональне керування технологічним успадкуванням властивостей виробів для забезпечення їх експлуатаційних характеристик і показників надійності в умовах самоорганізації структур служить методологічною основою проектування прогресивних технологічних процесів виготовлення деталей і складання машин [1, 2]. Упорядкування стану системи пов'язано із узгодженою поведінкою підсистем, що формують єдине ціле із новими властивостями і математичним описом взаємозв'язків елементів [2-4].

Загальні закони організації та розвитку систем підлягають системному функціонально-морфологічно-інформаційному аналізу, на підставі дослідження взаємозв'язків і взаємовпливів функціонального, морфологічного та інформаційного опису [5].

Функціональні процеси у системі безпосередньо пов'язані з інформаційними, при цьому джерелом інформації для її функціонування є внутрішній ресурс і середовище, а носієм – речовина (морфологічна інформація) та енергія. Внутрішня енергія характеризує еволюцію, цілі та діяльність системи [5].

З позиції адитивності інформації I для множини R_0 N незалежних рівно імовірних реалізацій системи $R_0 \in [R_{01}; R_{0N}]$ функціональна залежність [2]:

$$I\left(\prod_{i=1}^N R_{0i}\right) = I(R_{01}) + \dots + I(R_{0N}), \quad (1)$$

має єдиний розв'язок [2, 4]:

$$I = K \ln(R_0), \quad (2)$$

де $K = \log_b(e)$ – константа; індекс b описує індивідуальні особливості частин або підсистем [3]; $b=2$ при вираженні інформації в бітах [4, 5].

Кількісною характеристикою при еволюції інформаційних потоків служить інформація на один символ i [2]:

$$i = -K \sum_{j=1}^k p_j \cdot \ln(p_j), \quad (3)$$

де p_j – імовірність j -того стану системи із k можливих.

Сумарну інформацію, що характеризує перехід з одного стану системи в інший за умови безпосереднього взаємозв'язку між невизначеністю стану об'єкта та його фізичними властивостями [4, 5], визначають за формулою:

$$I = -k \cdot \sum_{j=1}^k p_i \cdot \log_b(p_i), \quad (4)$$

Взаємозв'язки між причинами та діями у системі описуються рівняннями виду $\dot{q} = F_0(q(t); t)$ [2]:

$$\dot{q} = -\gamma \cdot q + F(t), \quad (5)$$

де q – параметр, що описує дію; γ – функція затухання; $F(t)$ – функція, що визначає зовнішній силовий вплив.

Розв'язок (5) представляє собою відклик системи на прикладене зусилля $F(\tau)$ [2]:

$$q = \int_0^t e^{-\gamma(t-\tau)} F(\tau) d\tau, \quad (6)$$

При ототожненні для умов самоорганізації зовнішніх сил із частинами власне системи ($F \rightarrow q_1$, $q \rightarrow q_2$), отримуємо дві підсистеми [2, 4]:

$$\dot{q}_1 = -\gamma_1 \cdot q_1 - a \cdot q_1 \cdot q_2, \quad (7)$$

$$\dot{q}_2 = -\gamma_2 \cdot q_2 + b \cdot q_1^2. \quad (8)$$

За наявності адіабатичного наближення [4]:

$$\gamma_2 \geq \gamma_1 \quad (9)$$

при $\dot{q}_2 = 0$ отримуємо розв'язок [2]:

$$q_2(t) \approx \gamma_2^{-1} \cdot b \cdot q_1^2(t) \quad (10)$$

Після підстановки (10) в (7), отримуємо:

$$\dot{q}_1 = -\gamma_1 \cdot q_1 - (a \cdot b / \gamma_2) \cdot q_1^3, \quad (11)$$

Розв'язки рівняння (11) при $\gamma_1 > 0$ і $\gamma_1 < 0$ є різними [2]:

- при $\gamma_1 > 0$ і $(a \cdot b) / \gamma_2 > 0$ отримуємо стійкий розв'язок $q_1 = 0$,

- при $\gamma_1 < 0$ і $(a \cdot b)/\gamma_2 > 0$ отримаємо нестійкий розв'язок $q_1=0$ і два стійких розв'язки $\pm \sqrt{\gamma_1/((a \cdot b)/\gamma_2)}$, причому згідно (11) $q_2 \neq 0$

У такому випадку q_1 є параметрами порядку підсистеми – модами, які визначають ступінь її впорядкованості та підпорядковують собі інші підсистеми [2].

Встановлено [2-4], що частина підсистем $q_j = q^{(var)} \in (j=1 \dots m)$ відповідає нестійким модам, а інша – $q_j = q^{(s)} \in (j=m+1 \dots k)$ – підпорядковується стійким.

При переведенні систем внаслідок самоорганізації у стан $q^{(s)}$ вплив флуктуацій та оптимізаційних критеріїв приводить до їх еволюції, причому величина флуктуації параметра порядку має вирішальне значення на характер функціонування систем [2].

В самоорганізованих системах керування її адаптивністю та надійністю забезпечується умовами формування та величинами флуктуацій за рахунок зміни кількості підсистем [4]. При адитивності величини повного виходу для підпорядкованим стійким модам інформаційних підсистем, що визначаються стійкими модами з фіксованим параметром порядку, отримаємо [2-4]:

$$q^{(s)} = q_d^{(s)} + q_r^{(s)}, \quad (12)$$

де $q_d^{(s)}$, $q_r^{(s)}$ – відповідно чітко визначений детермінований і флуктуючий (з розсіяними характеристиками) входи.

Загальна величина виходу системи визначається за формулою [2]:

$$q_\Sigma = \sum_s q^{(s)} = \sum_{j=m+1}^k q_j, \quad (13)$$

Повний вихід системи (13) збільшується пропорційно числу підсистем s або реалізуючих їх характеристик і критеріїв, флуктуації зростають лише як \sqrt{s} (в реальних процесах пригнічення розсіювання характеристик відбувається ще інтенсивніше).

Згідно синергетичного підходу технологічне забезпечення регламентованих показників якості виробів відповідно до необхідних експлуатаційних характеристик і показників надійності реалізується обмеженою кількістю раціональних варіантів взаємодій виробу із технологічним середовищем на етапах і стадіях його життєвого циклу.

Література

1. Kusi Ya., Stupnytskyy V. Optimization of the Technological Process Based on Analysis of Technological Damageability of Casting / Ya. Kusi, V. Stupnytskyy // Advances in Design, Simulation and Manufacturing III. Proceedings of the 3rd International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange, DSMIE-2020, June 9-12, 2020, Kharkiv, Ukraine. – 2020. – Volume 1: Manufacturing and Materials Engineering. – P. 276-284.
2. Haken H. Synergetics An Introduction Nonequilibrium Phase Transitions and Self-Organization in Physics, Chemistry, and Biology: Third Revised and Enlarged Edition / H. Haken. – Berlin: Springer-Verlag, 1983. – 395 p.
3. Haken H., Portugali J. Information Adaptation: The Interplay Between Shannon Information and Semantic Information in Cognition / H. Haken, J. Portugali. – Berlin: Springer, 2015. – 90 p.
4. Haken H. Information and Self-Organization A Macroscopic Approach to Complex Systems: Third Enlarged Edition / H. Haken. – Berlin: Springer, 2006. – 258 p.
5. Ebeling W., Freun J., Rateitschak K. Entropy and extended memory in discrete chaotic dynamics / W. Ebeling, J. Freund, K. Rateitschak // International Journal of Bifurcation and Chaos. – 1996. – Vol. 6, Issue 04. – P. 611-625.