

УДК 536006

ОЦІНКА СТРУКТУРНОЇ СТІЙКОСТІ І ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСНО- ОРІЄНТОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Г.І. Хімічева

Доктор технічних наук, професор*
Контактний тел.: 066-299-13-64
E-mail: anna-khimicheva@yandex.ru

Г.М. Свідерська*

Контактний тел.: 097-111-22-64
E-mail: Anna_SM@bigmir.net

Н.В. Колесіна*

Контактний тел.: 095-882-05-52

*Кафедра метрології, стандартизації, сертифікації
Київський національний університет технологій та дизайну
вул. Немировича-Данченка, 2, м. Київ, Україна, 01011

Розглянуто методологічні підходи до побудови дворівневої моделі процесно-орієнтованої системи управління і наведені механізми і інструменти оцінки її структурної стійкості і ефективності

Ключові слова: система управління, дворівнева модель, структурна стійкість і ефективність, процесно-орієнтовані стандарти

Рассмотрены методологические подходы к построению двухуровневой модели процессно-ориентированной системы управления и приведены механизмы и инструменты оценки её структурной стойкости и эффективности

Ключевые слова: система управления, двухуровневая модель, структурная стойкость и эффективность, процессно-ориентированные стандарты

Methodological approaches to the construction of the two-tier model of the process oriented management system are analyzed and both mechanisms and instruments of the evaluation of its structural stability and effectiveness are presented there

Key words: management system, two-tier mode, structural stability and effectiveness, process oriented standards

1. Вступ

Інтегрування нашої країни в європейський та міжнародний економічний простір обумовлює вимоги щодо модернізації системи технічного регулювання та гармонізації національної нормативної бази з міжнародними нормативними документами. Це безпосередньо стосується розроблення і впровадження процесно-орієнтованих систем управління підприємством (організацією), як засобу унеможливлення виробництва неякісної і шкідливої продукції. Однак, юридичне приведення вимог, норм і правил до світового рівня, ще не гарантує належного рівня продукції національних виробників. Для забезпечення останнього потрібні дієві механізми і інструменти, наприклад, впровадження процесно-орієнтованої системи управління та визначення рівня її структурної стійкості і функціональної ефективності.

2. Постановка проблеми

Суттєвою методологією управління якістю є постановка завдання, в форматі: *об'єкт—образ—модель*.

Згідно [1], в природі менеджменту якості є матеріальні та ідеальні об'єкти. При цьому кожен об'єкт складається з окремих частин, володіє різними властивостями, взаємодіє з іншими об'єктами тієї ж або іншої природи. Тому можна вважати, що стан системи, який фіксує властивості і відносини об'єкту в деякий момент часу в заданій області простору відтворює процеси, що в ній протікають.

Слід відзначити, що при дослідженні складних систем таких як процесно-орієнтовані необхідно будувати і аналізувати як глобальні моделі, так і моделі локальних процесів життєвого циклу продукції. При створенні таких моделей, зазвичай потрібно вирішувати різноманітні завдання, які пов'язані з виявлен-

ням функціональних відносин, описом структурних властивостей і відносин, оцінкою точності, порівнянням з реальністю, аналізом поліпшення системи в цілому.

За характером виду опису системи поділяються на моделювання структури і моделювання функціонування процесів, що протікають в ній. Для побудови як перших, так і других використовують абстрактні підходи з застосуванням інформаційних методів. Наприклад, цільова характеристика абстракції будується на ідеалізації – цілі заміщення реальної, емпірично даної ситуації схемою, що ідеалізується, для спрощення ситуації, що вивчається.

Існують два основних підходи до побудови аналізу складних систем: термінальний і цілеспрямований. При термінальному підході об'єкти, що входять в систему, діляться на два класи: $X = X_1 \times \dots \times X_m$ і $Y = X_{m+1} \times \dots \times X_n$, так, що останній має вигляд: $S \subset X \times Y$. Об'єкти з X є входами і являють собою причину досліджуваного явища, а об'єкти з Y є виходами і являють собою слідство, реакцію на дане явище.

3. Мета роботи

Метою наведених нижче досліджень є отримання аналітичних залежностей, що дозволяють на стадії проектування проводити формалізовану оцінку структурних складових процесно-орієнтованої системи управління.

4. Результати обговорення проблеми

При проведенні досліджень була використана теорія множин, системний аналіз, методи об'єктно-орієнтованого моделювання та багатокритеріальної оптимізації. Так, для формалізації процедур оцінки було застосовано абстрактний підхід, який дозволив на математичному рівні виділити найбільш суттєві властивості системи і оцінити їх за результатами значень локальних цільових функцій стандартів, що об'єднуються.

Оскільки основними характеристиками процесно-орієнтованої системи управління є, «структурна стійкість» та «структурна ефективність», то для визначення цих характеристик при проведенні досліджень було запропоновано представити систему, як модель,

що складається з елементів двох класів. При цьому до першого класу (K – елементи) було віднесено системи, які побудовані на вимогах процесно-орієнтованих стандартів [2,3,4,5], а до другого класу – (Π – елементи) – ключові (технологічні) процеси цих систем.

Слід зазначити, що K – елементи можуть об'єднуватися між собою адитивним або мультиплікативним методом, утворюючи при цьому відповідні моделі системи [6,7]. Для адитивних моделей вимоги K – елементів до ключових процесів підсумовуються, а для мультиплікативних моделей перемножуються. У свою чергу Π – елементи забезпечують життєвий цикл процесу виготовлення продукції, взаємопов'язані між собою, мають входи, виходи і піддаються постійному контролю. Сукупність вихідних сигналів дозволяє формувати стани необхідні для виконання об'єктами класу K їх цільових функцій. Дворівнева модель процесно-орієнтованої системи управління наведена на рис. 1. Як видно з рисунку, вона включає рівень управління системами і рівень управління процесами.

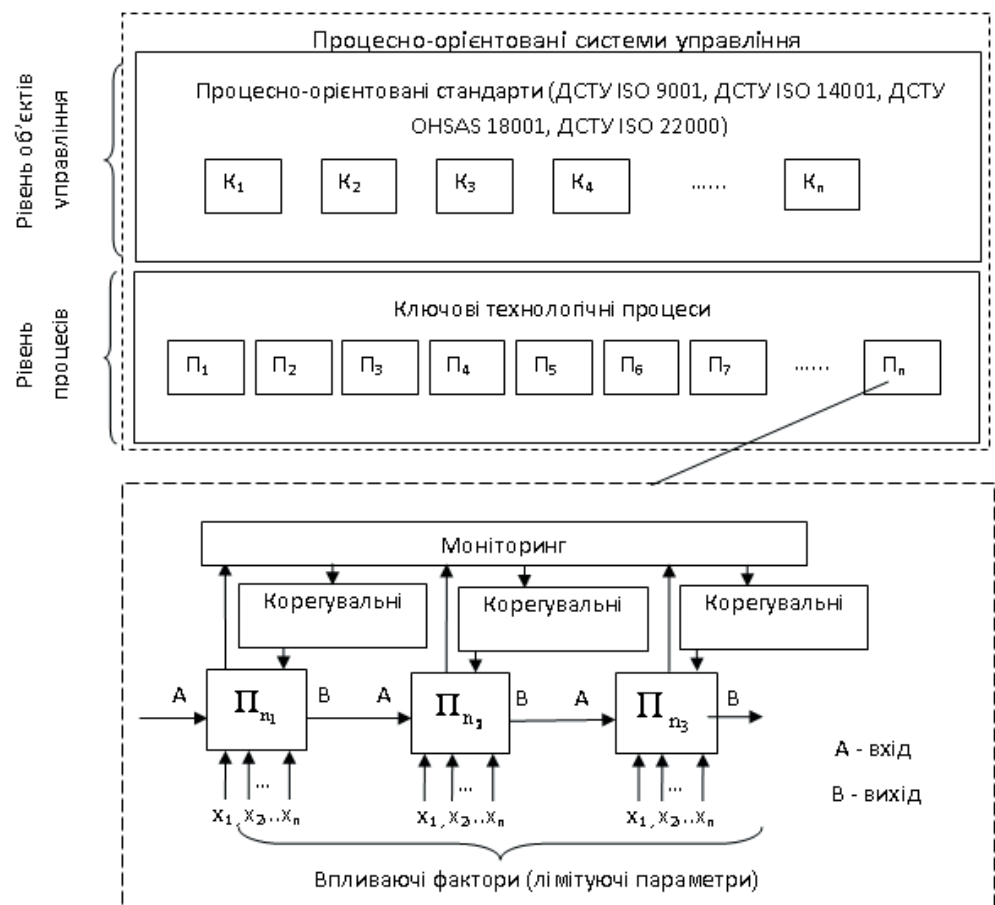


Рис. 1. Дворівнева процесно-орієнтована система управління

В ході дослідження було запропоновано опис переходів об'єктів класу Π з одного стану в інший виконувати за допомогою методів дискретної математики, тобто представити у вигляді моделі, яка має кінцеву множину внутрішніх станів (A), вхідних (X) і вихідних (Y) сигналів, однозначну функцію переходів $\delta: A \times X \rightarrow A$ і функцію виходів $\lambda: A \times X \rightarrow Y$

$$\{A, X, Y, \delta, \lambda\}. \tag{1}$$

Входи, переходи і виходи, що характеризують стан абстрактного ключового (технологічного) процесу описувалися за допомогою спеціальних матриць.

Оцінка структурної ефективності і стійкості конфігурації моделі процесно-орієнтованої системи управління проводилась з урахуванням наступних вимог:

1) функціонування системи розглядалося у вигляді фазового простору, що складається з показників ефективності;

2) головною метою результативного функціонування системи є отримання максимального прибутку (Y_0) за рахунок випуску конкурентоспроможної продукції.

Враховуючи, що показник (Y_0) є миттєвим (тактичним), і не забезпечує «виживання» системи протягом тривалого проміжку часу (стратегія), було запропоновано для опису життєдіяльності системи використовувати локальні цільові функції, що характеризують процесно - орієнтовані стандарти, тобто показники: якості продукції (Y_1), екологічної безпеки (Y_2), промислової безпеки (Y_3), контролю критичних точок (Y_4).

Оскільки для досягнення кожної поставленої мети згідно вимог вищенаведених стандартів необхідно витратити певні ресурси системи (матеріальні, фінансові, людські, інформаційні), то наявність додаткових показників негативно впливає на головний показник Y_0 . Тому перед розробниками системи стоїть завдання: як краще забезпечити досягнення другорядних (Y_1, Y_2, Y_3, Y_4), але необхідних для «виживання» показників, при мінімальній погіршенні головного показника (Y_0).

Таким чином цільову функцію процесно-орієнтованої системи управління можна представити у вигляді

$$F = \max_{\min \Delta} \{Y_1, Y_2, Y_3, Y_4\}. \tag{2}$$

Значення Δ (витрати на функціонування системи) характеризує зниження головного показника із-за виникаючих суперечностей між окремими локальними цілями систем, що об'єднуються.

Структурна ефективність процесно-орієнтованої системи управління пов'язана із її структурою, яка передбачає оптимізацію локальних цільових функцій кожної стандартизованої системи управління (Y_1, Y_2, Y_3, Y_4). В результаті останнього відбувається зсув загального вихідного ефекту системи і збільшення витрат на її побудову і функціонування.

Для визначення значення величини структурної ефективності Δ в ході досліджень була розроблена спеціальна методика, суть якої полягає в використанні принципу введення міри в простір цільових показників, тобто рух системи в просторі (Y_0, Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) розглядався з позиції значущості показників. При цьому простір нормувався таким чином, що у вибраній системі координат найкращому значенню показника відповідала 1, а найгіршому 0.

Для визначення значень показників використовувався метод компромісної точки і принципи Парето. Згідно цього методу кожному об'єкту в M -мірному

просторі (M -кількість критеріїв якості) ставиться у відповідність точка, координатами якої є показники, що описують критерії якості. Для порівняння показників простір нормується в одиничний гіперкуб таким чином, що кожній координаті руху від 0 до 1 відповідає зміна значення показника від найгіршого до найкращого. Точка з координатами $\{1, 1, 1, \dots, 1\}$ завжди відповідатиме гіпотетичному ідеальному об'єкту, який має найкращі (з можливих) значення за всіма показниками. Геометрична відстань від цієї вершини гіперкуба до точки, яка відповідає положенню конкретного об'єкту, відповідає віддаленості його від ідеального значення і служить зворотною величиною до комплексного «рейтингу» об'єкта. Для розрахунку відстаней (у випадку якщо є нерівномірна значущість показників) використовуються множники коефіцієнтів вагомості, що характеризують значущість показників.

Нормування простору проводиться залежно від мети оптимізації по конкретному критерію.

Для встановлення рейтингу локальних цільових функцій (значень показників системи) застосовувалось значення деякої величини (G_i), яке доповнює точну відстань (L_i) до 1.

$$G_i = 1 - L_i. \tag{3}$$

Аналіз виразу (3) показує, що чим більше значення (G_i), тим ближче показник до ідеальної точки. Такий підхід дозволяє визначити структурну ефективність системи (Δ), як оцінку вектора ефективності (E) на вісь головного показника (Y_0)

$$\Delta = Y_0 - Y'_0, \tag{4}$$

де Y'_0 - значення головного показника після забезпечення досягнення цілей додаткових показників ($Y_1 \dots Y_4$).

Перша складова виразу (4) обумовлена переміщенням результуючого вектора мети системи з точки з координатами $\{1, 0, 0, 0, 0\}$ в точку з координатами $\{w_0, w_1, w_2, w_3, w_4\}$ де w_1 - коефіцієнт вагомості (значущість) відповідної мети.

За наявності хоча б одного додаткового показника зміна значення величини головного показника описується виразом $Y'_0 = Y_0 \times \cos(\alpha)$. Кут α залежить від співвідношення значущості показників: при однаковій значущості він дорівнює 45°, у всіх інших випадках має вигляд $\arctg\left(\frac{w_i}{w_0}\right)$. Для k показників зміна головного показника досягне величини

$$Y'_0 = Y_0 \times \prod_{i=1}^k \cos\left(\arctg\left(\frac{w_i}{w_0}\right)\right). \tag{5}$$

Друга складова виразу (5) обумовлена розбіжністю в часі корегувальних дій елементів класу K на елементу класу II .

Таким чином, умовна траєкторія руху процесно-орієнтованої системи управління в просторі $\{Y_0, Y_1, Y_2, Y_3, Y_4\}$ набуває флуктуації. Довжина кожної флуктуації відповідає переміщенню кінця вектора головної мети системи (Y_0) з точок $\{1, 0, 0, 0, 0\}$ на одну з точок $\{1, 1, 0, 0, 0\}, \{1, 0, 1, 0, 0\}, \{1, 0, 0, 1, 0\}, \{1, 0, 0, 0, 1\}$.

У ідеальному випадку, коли час корегувальних дій, що поступають від елементів систем управління (K) і час реакції на них відповідних підсистем процесу (Π) не співпадає, траєкторія має вигляд ламаної кривої, яка переходить з одного центру рівноді в іншій. У реальному випадку моменти реакції перекриваються випадковим чином, тому траєкторія має вид хаотичної кривої. Тобто чим більше показників (Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) необхідно погоджувати по головному показнику (Y_0), тим більше буде довжина траєкторії і тим менше буде її ефективність.

Для оцінки структурної стійкості процесно-орієнтованої системи управління було використано відношення математичних очікувань відхилень моделей системи від нормального стану, при якому задовольняються всі показники ефективності.

Для цього з урахуванням виконання умови, що вірогідність сигналу від кожної системи, що об'єднується однаково, була проведена оцінка математичного очікування значення величини відхилення кінця вектора ефективності від впливу сигналів системи.

Математичне очікування відхилення для адитивної моделі дорівнює

$$M(\Delta_A) = \sum p 2^k Y_0 \prod_{i=1}^k \sin(\arctg(\frac{w_i}{w_0}) / 2), \quad (6)$$

а для мультиплікативної

$$M(\Delta_A) = \sum p 2^k Y_0 \sin(\alpha / 2). \quad (7)$$

Звідси

$$M(\Delta_A) / M(\Delta_M) = 2^{k-1} Y_0^{k-1} \sin^{k-1}(\alpha / 2). \quad (8)$$

Для $k = 4$ і випадку, коли значущість всіх показників «виживання» системи ($Y_1 \dots Y_4$) у сумі дорівнює значущості головного показника ($w_0 = \sum_{i=1}^4 w_i$) відношення математичних очікувань складає $1,955 Y_0^4$. Це означає, що величина відхилення математичного очікування стану мультиплікативної моделі системи від нормального в порівнянні з аналогічним відхиленням адитивної моделі майже в два рази менше, отже, її стійкість в стільки ж разів вища.

5. Висновки

1. Розроблено методологію побудови дворівневої процесно-орієнтованої системи управління і визначено її складові елементи за якими потрібно проводити оцінку структурної стійкості і ефективності.

2. Запропоновано для визначення структурної ефективності процесно-орієнтованої моделі використовувати метод компромісної точки і принципи Парето. Такий підхід дозволяє визначити структурну ефективність, як оцінку вектора ефективності на вісь головного показника.

3. Отримано аналітичні залежності, які дозволяють за значенням відношення математичного очікування відхилень моделі процесно-орієнтованої системи від нормативного стану оцінити її стійкість.

Література

1. Гличев, А. В. Основы управления качеством продукции [Текст] / А. В. Гличев. - М. : Стандарты и качество, 2001. - 423 с.
2. ДСТУ ISO 9001:2009. Система управління якістю. Вимоги [Текст]. - Введ. 2009-09-01. - К. : Держспоживстандарт України, 2009. - 34 с.
3. ДСТУ ISO 14001:2006 (ISO 14001:2004, IDT). Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосування [Текст]. - Введ. 2006-05-05. - К. : Держспоживстандарт України, 2006. - 26 с.
4. ДСТУ OHSAS 18001:2010 (OHSAS 18001:2007, IDT). Системи управління гігієною та безпекою праці. Вимоги [Текст]. - Введ. 2011-01-01 К. : Держспоживстандарт України, 2010. - 45 с.
5. ДСТУ ISO 22000:2007 (ISO 22000:2005, IDT). Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга [Текст]. - Введ. 2001-04-02 - К. : Держспоживстандарт України, 2007. - 41 с.
6. Хімічева, Г. І. Методичні підходи до створення інтегрованих систем управління [Текст] / Г. І. Хімічева, Л. М. Віткін // Збірник наукових праць Вісник КНУТД. - 2004. - № 6(20). - с.21-29.
7. Хімічева, Г. І. Методологічні аспекти алгоритму побудови і впровадження інтегрованих систем управління [Текст] / Г. І. Хімічева // Збірник наукових праць Вісник КНУТД. - 2005. - № 2(22). - с. 25-32.