

КВАЛІМЕТРИЧНА ОЦІНКА СТРУКТУРНОЇ СТІЙКОСТІ І ЕФЕКТИВНОСТІ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Г.І. Хімічева¹, д-р техн. наук, професор; В.М. Соляник², студент,

*¹ Київський національний університет технологій та дизайну,
вул. Немировича-Данченка, 2, 01011, м. Київ, Україна,
E-mail: kmcc@knutd.com.ua*

*² Київський національний університет технологій та дизайну,
вул. Немировича-Данченка, 2, 01011, м. Київ, Україна,
E-mail: v.karpenko@meta.ua*

Розглянуто методологічні підходи моделі інтегрованої системи управління і наведені механізми кваліметричної оцінки її структурної стійкості і ефективності.

***Ключові слова:** інтегрована система управління, структурна стійкість і ефективність, показники, цільова і локальна функція.*

ВСТУП

Входження України в європейський та міжнародний простір обумовлює вимоги щодо модернізації її системи технічного регулювання. Це безпосередньо стосується розроблення і впровадження інтегрованої системи управління (ІСУ) підприємством, як засобу унеможливлення виробництва неякісної і шкідливої продукції. Однак, юридичне приведення вимог, норм і правил до світового рівня, ще не гарантує належного управління якості і безпечності продукції національного виробника. Для забезпечення останнього потрібно мати дієві механізми та інструменти, зокрема інтегровані системи управління, які мають достатній рівень структурної стійкості і функціональної ефективності.

На кафедрі метрології, стандартизації, сертифікації Київського національного університету технологій та дизайну, на протязі останніх десяти років ведуться комплексні дослідження пов'язані з розробленням наукових основ побудови і впровадження інтегрованих систем управління.

Суттю методології управління якістю є чітка 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 зазначити, що при дослідженні складних систем інтегровані необхідно будувати і аналізувати як глобальні моделі, так і моделі локальних процесів життєвого циклу продукції. Тому що створення таких моделей, зазвичай потребує вирішувати різноманітні завдання, які пов'язані, наприклад, з виявлення функціональних відносин, описом структурних властивостей і відносин, оцінкою творчості, аналізу поліпшення функціонування системи у 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 $Y = Y_{m+1} \times \dots \times Y_n$, 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.

Тому розроблення механізмів оцінювання структурної стійкості і ефективності конфігурації інтегрованих систем управління є актуальним завданням.

ПОСТАВЛЕННЯ ЗАВДАННЯ

Метою наведених нижче досліджень є отримання аналітичних залежностей, що дозволяють на стадії проектування проводити формалізовану оцінку конфігурації інтегрованої системи управління за показниками стійкості та ефективності структурних складових процесно-орієнтованої системи управління.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

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 інтегрованої системи управління є, «структурна стійкість» та «структурна ефективність», то для визначення цих характеристик при проведенні досліджень було запропоновано представити інтегровану систему управління, як модель, що складається з елементів двох класів. При цьому до першого класу (K - елементи) було віднесено системи управління, які побудовані на вимогах стандартів [2 - 5], а до другого класу (Π - елементи) - ключові (технологічні) процеси цих систем.

Результати досліджень наведені авторами в [6, 7] показують, що K - елементи можуть об'єднуватися між собою адитивним або мультиплікативним методом, утворюючи при цьому відповідні конфігурації моделі інтегрованої системи управління. Так, 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 інтегрованої системи управління наведена на рис. 1. Як видно з рисунку, вона включає рівень управління системами і рівень управління процесами.

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 $\lambda: A \times X \rightarrow Y$ функцію виходів

$$\{A, X, Y, \delta, \lambda\}. \quad (1)$$

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

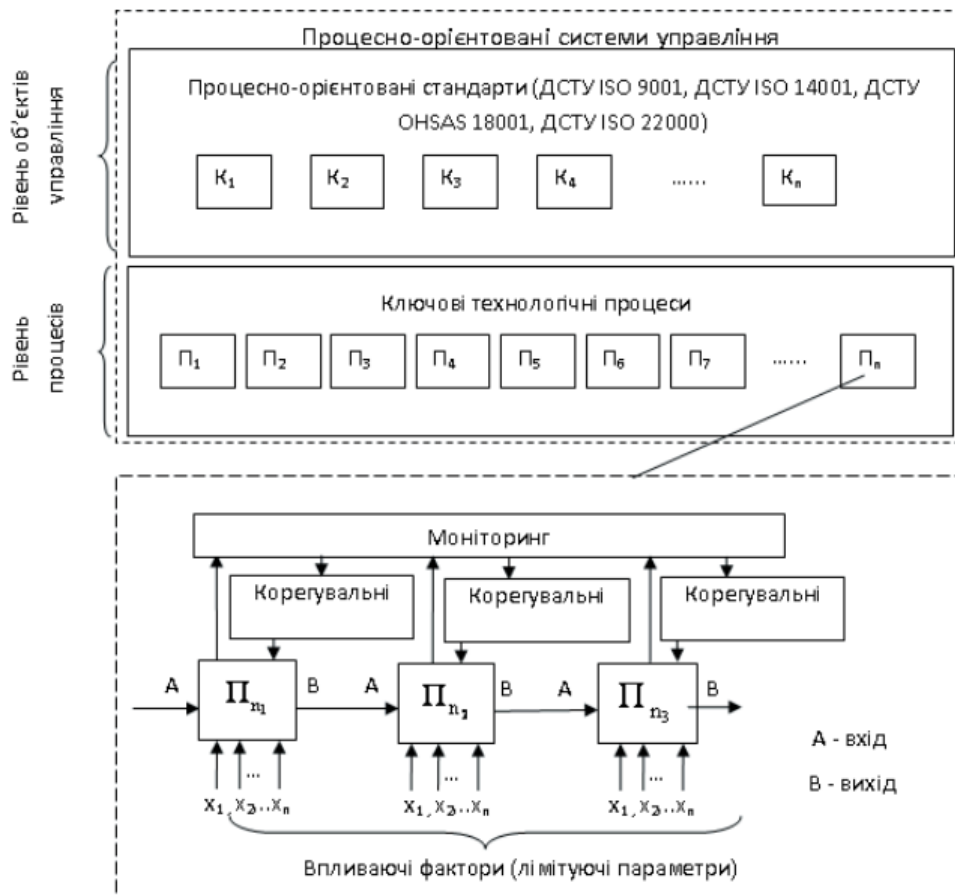


Рисунок 1 – Дворівнева модель конфігурації інтегрованої системи управління

Оцінка структурної ефективності і стійкості конфігурації моделі інтегрованої системи управління проводилась з урахуванням наступних вимог:

- функціонування системи розглядалося у вигляді фазового простору, що складається з показників ефективності;
- 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 характеризуються показниками: 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 вищевказаних 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 мінімальному погіршенні головного показника (Y_0).

Виходячи з вищенаведеного цільову функцію інтегрованої системи управління можна представити у вигляді

$$F = \max_{\min \Delta} \{Y_1, Y_2, Y_3, Y_4\} \quad (2)$$

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

Структурна ефективність інтегрованої 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 зворотньою 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 поточну відстань (L_i) до 1 .

$$G_i = 1 - L_i. \quad (3)$$

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)

$$\Delta = Y_0 - Y_0', \quad (4)$$

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 залежить від співвідношення значущості показників: при однаковій значущості він дорівнює 45° , у всіх інших випадках має вигляд $\arctg(w_1/w_2)$. Для k показників зміна головного показника досягне величини

$$Y_0' = Y_0 \times \prod_{i=1}^k \cos(\arctg(w_1/w_2)) \quad (5)$$

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

Таким чином, умовна траєкторія руху інтегрованої 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 рівності в іншій. У реальному випадку моменти реакції перекиваються 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 інтегрованої 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 однакова, була проведена оцінка математичного очікування значення величини відхилення кінця вектора ефективності від впливу сигналів системи.

Математичне очікування відхилення для адитивної моделі дорівнює

$$M(\Delta_A) = \sum p 2^k Y_0^k \prod_{i=1}^k \sin(\arctg(w_1/w_2)/2), \quad (6)$$

а для мультиплікативної

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

Звідси

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

Для $k=4$ і випадку, коли значущість всіх показників «виживання» системи (Y_1, Y_2, Y_3, 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.

ВИСНОВКИ

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

2. Запропоновано для визначення структурної ефективності інтегрованої системи управління 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 інтегрованої системи управління від нормативного стану оцінити її стійкість.

QUALIMETRIC ASSESSMENT OF STRUCTURAL STABILITY AND EFFICIENCY OF THE INTEGRATED CONTROL SYSTEMS

Himicheva H.I.¹, Solianyk V.M.²

¹ *Kyiv National University of Technologies and Design,
2, Str. Nemirovich-Danchenko, 01011, Kyiv, Ukraine
E-mail: kmcc@knutd.com.ua*

² *Kyiv National University of Technologies and Design,
2, Str. Nemirovich-Danchenko, 01011, Kyiv, Ukraine
E-mail: v.karpenko@meta.ua*

The methodological approach models the integrated management system and mechanisms are qualimetric assess its structural stability and efficiency.

Keywords: *integrated control system, structural stability and efficiency, indicators, targets and local function.*

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

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

Надійшла до редакції 8 листопада 2013 р.