

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Автоматизація виробництва за останні два десятиріччя пройшла шлях від простих систем регулювання окремих технологічних параметрів до створення комп'ютерно-інтегрованих структур управління технологічними комплексами та підприємствами. Спроби комплексної автоматизації виробництва застосовувались давно, але саме 80-і роки створили об'єктивні передумови для розроблення інтегрованих систем управління — це широке впровадження мікропроцесорної техніки, ЕОМ та ефективних структур на основі мереж різного рівня і призначення. Саме у 80-і роки з'явився термін "комп'ютерно-інтегровані виробництва", який з часом перетворився на CIM-концепцію (Computer Integrated Manufacturing System). Ця концепція набуває все більшого застосування завдяки двом основоположним принципам побудови складних систем: розподіленого управління та інтеграції різних видів забезпечення (інформаційного, програмного, організаційного). Особливої уваги заслуговує принцип розподіленого управління, який дає можливість використовувати найефективніші методи, в тому числі Internet-технології при автоматизації виробництва із забезпеченням потрібних показників надійності та живучості.

При автоматизації виробництв харчової та переробної промисловості часто виникає задача управління технологічними комплексами неперервного типу, які мають ряд характерних особливостей, пов'язаних з переробкою значних потоків сировини, матеріалів, наявністю проміжних місткостей (збірників) і под. [1]: можливість виділення окремих відносно автономних підсистем; наявність кількох функціональних рівнів управління; необхідність використання технологічної та техніко-економічної інформації. Об'єктивно існує необхідність розширення функціональних можливостей систем управління технологічними та виробничими комплексами. В цьому випадку застосовуються методи всеситуаційного, гнучкого неперервного ефективного управління з подальшим впровадженням інтегрованих технологій, інтелектуальних підсистем підтримки прийняття рішень в умовах невизначеності, методів самонавчання на основі використання відкритих баз даних та знань [3].

Ефективність функціонування автоматизованого технологічного комплексу оцінюється на основі узагальненого показника типу прибутку на оперативному інтервалі часу t_1, t_2 :

$$\Pi = \int_{t_1}^{t_2} \sum_{k=1}^m \left(B_k \Pi_k - \sum_{i=1}^n Z_{ik} \right) dt, \quad (1)$$

де B_k, Π_k — відповідно випуск та ціна k -го продукту; Z_i — витрати на випуск продукції, включаючи витрати на створення та експлуатацію системи управління.

Для технологічних і виробничих комплексів оцінювання ефективності функціонування та оперативне

управління ними на основі виразу (1) напштовхуються труднощі, пов'язані насамперед з великою розмірністю задачі. Тому використовуються методи декомпозиції коли загальний показник (1) подається у вигляді адитивно-сепарабельної функції з урахуванням того, що історичні координати стану X , виходи Y , управління U та змінні Z мають блочну структуру:

$$\Pi = F(f_1, \dots, f_N) = \sum_{i=1}^N f_i(X_i, Y_i, Z_i, U_i),$$

де f_i — показник ефективності i -ї підсистеми; N — кількість підсистем.

Тоді загальна задача управління технологічними комплексами (ТК) розкладається на N підзадач Z_i для i дієльних підсистем та додаткової підзадачі координації

$$Z_{TK} = \{Z_i, Z_N\},$$

Крім зв'язків задачі управління технологічними комплексами із задачами оперативного, поточного довгострокового планування, адміністративно-господарської діяльності, потрібно ще враховувати наявність у них видів інтеграції (функціональної, організаційної, програмної, інформаційної, технічної). Тоді об'єктивна потреба у створенні комп'ютерно-інтегрованих систем управління, в яких розв'язується комплекс задач, головними з яких є:

автоматичне регулювання та логіко-програмне управління на рівні технологічних процесів і агрегатів використання математичних моделей в контексті управління у структурі робастних систем з оптимальним оцінюванням параметрів;

застосування методів лінійного, нелінійного динамічного програмування, багатокритеріальної оптимізації при оперативному управлінні виробництвом; моделювання та оперативна ідентифікація складних об'єктів і систем для оцінювання їхнього стану, пошуку оптимальних режимів та прогнозування техніко-економічних показників функціонування;

всеситуаційне управління, починаючи з виконання програм для операцій пуску, зупинок, переведення технологічних установок з одного режиму на інший, користування підсистем з елементами штучного інтелекту, експертних систем та алгоритмів координації різних підсистем;

розроблення великих систем управління на основі топологічних моделей, дисипативних нелінійних моделей, використання "м'яких" систем (на відміну від "жестких"), відкритих (на противагу закритим);

використання нейронних мереж виробничої структури, декомпозиція великих систем та агрегування окремих вузлів;

розроблення людино-машинних інтерфейсів, користування методів ефективною взаємодії людина—ІС (система);

створення єдиної структури управління технологічними та бізнес-процесами;

урахування еволюції комп'ютерно-інтегрованих ем, надання їм властивостей адаптації в широкому газоні зміни умов роботи.

Розробляючи комп'ютерно-інтегровані системи авління, слід враховувати наявність кількох рівнів — ологічного управління, оперативного-календарного нування, організаційно-економічного управління, му числі зв'язки із зовнішнім середовищем. У склад- системах виділяються такі компоненти: центральна даних, системи організаційного управління, кому- аційні засоби (локальні мережі), а також підсистеми ектування, конструювання та підготовки виробницт- тому числі САПР.

Задачі синтезу структури систем управління склад- ти технологічними комплексами потребують спеціаль- методів їх розв'язання з використанням принципів гативно-декомпозиційного підходу, коли можна фор- ізувати опис елементів структури та їх взаємозв'яз- При цьому формуються функціональні підсистеми за- овою ознакою (виділення тактичного і стратегічного ування, оперативного управління), а також за резуль- ми структурного та топологічного аналізів технологіч- комплексів. Для кожного складного комплексу існує і, оптимальна кількість підсистем з урахуванням кри- ів управління для підсистем та комплексу, існуючої ктури управління, необхідності оброблення значних зів інформації та потрібного часу реагування на штат- позаштатні ситуації. Застосовують штучні прийоми кення кількості існуючих варіантів структур. У загаль- му випадку синтез структури складної системи мож- одати короткем

$$SS = \langle C, Z, P, F, Q, N \rangle, \quad (4)$$

— множина сценаріїв розвитку системи з ураху- ям ситуацій, взаємодії із зовнішнім середовищем, зності альтернативних ситуацій і т.д.; Z — система й, відображення їх ієрархій, характеристик, трива- і існування, способів реалізації; P — множина м- вих принципів і варіантів реалізації системи та її ементів; $F(p)$ — множина функцій для реалізації м- в способів управління, $p \in P$; Q — система критері- реktivності управління; N — множина елементів ічної структури.

Задача синтезу структури не має строгих розв'язків, о враховуються лише локальні умовні екстремуми кри- в оптимальності, тому використовуються ітераційні едури та можливості адаптації до змінюваних умов ти. Єдиною методологічною основою для створення г'ютерно-інтегрованих структур є системний аналіз, ди системотехнічного та архітектурного аналізів.

Для технологічних комплексів неперервного типу ачними матеріальними потоками окремою задачею авління ресурсами, зокрема кількістю сировини та вфабрикатів у накопичувальних місткостях. Для ретного технологічного комплексу характер та ін- ивність збурень можна оцінити, виходячи з виразу

$$Z_{\text{тк}} = \{Z_c, Z_n, Z_p, Z_{\text{ад}}, Z_{\text{ад}}\}, \quad (5)$$

дповідно зміни: кількісних і якісних показників вини — Z_c ; постачання матеріальних та енергетич- ресурсів — Z_n ; кількості працюючих агрегатів у зв'яз- ремонтом — Z_p ; збуту товарної продукції — $Z_{\text{ад}}$; за- з випуску товарної продукції — $Z_{\text{ад}}$. У разі зміни ості сировини $G(t)$ оцінюється відхилення від за- го значення G_0 :

$$Z_c(t) = G(t) - G_0, \quad (6)$$

при обмежених об'ємах накопичувальних місткос- праведливою є оцінка

$$V_{\text{min}} \leq \int_{t_1}^{t_2} Z_c(t) dt \leq V_{\text{max}}, \quad (7)$$

де $V_{\text{min}}, V_{\text{max}}$ — відповідно мінімальний (страховий) запас сировини та максимальний об'єм місткості.

Оцінюючи інтенсивність збурень за виразом (7) на інтервалі управління $[t_1, t_2]$, комп'ютерно-інтегрована система може використовувати алгоритми стабілізації режимів (у разі слабких збурень), підтримки оптималь- них значень параметрів або перейти, наприклад, до струк- турного управління (у разі сильних збурень). Задача ви- значення та розподілу запасів (ресурсів) стає особливо актуальною, коли між підсистемами технологічного ком- плексу існують такі взаємозв'язки, що при зміні режиму роботи i -ї підсистеми доводиться змінювати не лише ма- теріальні потоки, а й режими $(i-1)$ та $(i+1)$ -ї підсистем. Між підсистемами можуть бути взаємні зв'язки, які ха- рактеризують відношення як нейтральності, так і спри- яння або, навпаки, конфлікту. Розв'язання таких задач потребує залучення відповідних методів, наприклад тео- рії конфліктів.

Для оперативного управління підсистемами техно- логічних комплексів, окремими агрегатами та установка- ми в умовах невизначеності застосовують динамічні ек- пертні системи реального часу, коли розробляються такі структури, які мають у своєму складі бази даних, бази знань, використовують ефективні алгоритми функціону- вання та взаємодії між ієрархічними рівнями. Процес управління характеризується множиною станів об'єкта X та множиною управлінь U , які мають певні значення в мо- мент часу $t \in T$ — відповідно x_t і U_t . Функціонування сис- теми, тобто переходи з одного стану в інший під дією уп- равління, відображається системами рівнянь станів та пе- реходів $x_{t+1} = f(x_t, u_t)$, причому стани змінюються у дискрет- ному часі $T = \{t\} = \{0, 1, 2, \dots\}$. Тоді система має обмежену кіль- кість станів та управлінь, і багатокроковий процес прий- няття рішень подають у вигляді моделі $F(X, U, f, x_0, x_n)$, де $X = \{X_1, \dots, X_n\}$; $U = \{U_1, \dots, U_m\}$; f — відображення перехо- дів станів; $X_t \in X$ — множина кінцевих станів; $X_0 \subset X$ — початковий стан; F — логіко-математичний оператор. Нечіт- кість багатокрокового прийняття рішень враховано в мо- делях: цілей у просторі станів; переходів станів; обмежень у просторі управлінь; динамічного перерозподілу пріори- тетності цілей управління; синтезу нелінійних схем ком- промісів критеріїв управління.

При формуванні бази знань можуть бути різні типи каузальних відношень між діями: є необхідні й достатні причини; лише достатні; ті, які зумовлюють виконання інших дій. Зручними є фреймові моделі, тоді в базі знань фігурують каузальні сценарії, виконавці, мета, порядок дій, ситуації, умови, результати. Наприклад, для множи- ни дій чи рекомендацій $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$, ситуацій $W = \{W_1, W_2, \dots, W_m\}$, управляючих дій $U = \{U_1, U_2, \dots, U_r\}$ визначаються типи каузальних відношень між діями та оператори ді- янь. Можливі відношення в базі знань $(d_i R_1 d^*)$, $(d_i p_3 d^*)$, $(d_i R_2 d^*)$, $i = \overline{1, n}$, тобто дія d_i виконується раніше за дію d^* (оператора R_1) чи дія d_i є умовою виконання d^* (тип p_3), чи дія d_i є частиною дії d^* (оператора R_2).

База даних містить опис усіх потрібних елементів у вигляді однорангової мережі фреймів, кожний з яких має таку структуру: ім'я елемента; його властивості; по- точне значення; номінальне значення; одиниця вимірю- вання; допустиме відхилення.

Формування розв'язків складається з двох етапів: розпізнавання ситуації та отримання логічного виснов- ку. Перший з них базується на класичній теорії розпіз- навання образів, у даному випадку — це структурова- ний наближений опис об'єкта, що є основою для встанов- лення відповідності образів, тобто доведення їх ідентич- ності, подібності на основі зіставлення. При управлінні технологічними об'єктами образом є виробнича ситуація, тобто множина елементів об'єкта, вхідних та вихідних

змінних, технологічний режим. Це дає можливість од-
нозначно ідентифікувати ситуацію і віднести її до пев-
ного класу, що є основою для прийняття рішень з управ-
ління. Особливою проблемою є набуття знань за допомо-
гою експертів. Треба не лише сформувати коло експер-
тів з найдосвідченіших фахівців і попередньо підготува-
ти їх, а й використати ефективні методи оброблення ек-
спертної інформації (наприклад, метод попарного порів-
няння Сааті), знайти шляхи усунення суперечливих дум-
ок, пояснити їх, відшукати консенсус. У загальному
випадку знання експертів характеризуються кортежем

$\langle S, D, Q, V, P, T \rangle$, (8)

де S, D, Q, V — відповідно множини джерел знань (екс-
пертів), понять предметної області, проблем чи запитань, які
задаються експертом, розв'язків чи відповідей експертів
на запитання множини Q ; P — семантичний предикат,
який позначає одиницю знань про предметну область; T —
множина t методик оброблення думок експертів.

На заключному етапі формується послідовність
дій при управлінні у вигляді інструкцій для ОПР (осо-
би, яка приймає рішення) за допомогою процедури ло-
гічного висновку.

Комп'ютерні технології застосовуються сьогодні
практично на всіх етапах створення складних систем
управління. При створенні програмного забезпечення комп'ю-
терно-інтегрованих систем використовуються різні
мови програмування, більшість з яких (C++, Object Pascal,
Ada та ін.) передбачають засоби об'єктно-орієнтованого
проектуювання програм, а методологія об'єктно-орієтова-
ного проектування є робочим інструментом системотех-
ніки. У разі використання об'єктно-орієтованого підхо-
ду задача структурованого описування технологічного
комплексу, математичної моделі, алгоритмів регулюван-
ня, ідентифікації та адаптації дає змогу проектувати ав-
томатизовані технологічні комплекси (аналіз функціону-
вання, вибір структури, параметричний синтез і под.) [2].
Створюється спеціальний математичний конструктор,
який здійснює якісне складання (в рекурсії) складних
об'єктів за допомогою простих, які, у свою чергу, є продук-
цією цього ж конструктора або базисними.

З використанням об'єктно-орієтованого підходу
розв'язуються такі задачі:

аналіз структури технологічного комплексу, ви-
ділення основних типів технологічних ланок і описуван-
ня їх з допомогою класів;

описування топології зв'язків технологічних ланок;
програмний синтез математичної моделі функці-
онування технологічного комплексу в цілому.

Описаний підхід реалізовано при створенні комп'ю-
терно-інтегрованих систем управління, зокрема від-
діленням випарювання цукрового заводу.

Створення комп'ютерно-інтегрованих систем уп-
равління потребує застосування нетрадиційних методів
і технологій, наприклад реінжинірингу, системної інте-
грації, технологічного трансферу, які реалізують систем-
ний підхід до розв'язання складних проблем. Сучасний

реінжиніринг передбачає не лише використання інфор-
маційних технологій для автоматизації виробництва,
й принципові зміни структури управління, організації
нових інформаційних потоків, використання нових ме-
тодів інтенсифікації виробництва. Технологічний транс-
фер передбачає реалізацію найпрогресивніших техноло-
гій при використанні комп'ютерно-інтегрованих струк-
тур з урахуванням світового досвіду. Активні методи тех-
нологічного трансферу орієнтовані на переоснащення
виробництва та формування потрібного інвестиційного
потенціалу. Активний технологічний трансфер є джере-
лом інвестицій, а з погляду його застосування — це за-
дача багатокритеріального оцінювання в умовах невизна-
ченості із своїми критеріями, моделями та обмеження-
ми. При системній інтеграції використовуються спеціаль-
ні технології, наприклад:

методи об'єктно-орієтованого програмування
і зв'язків між програмами OLE — Object Linking and
Embedding в середовищі Windows;

графічний інтерфейс для розроблення систем
управління GUI — Graphic User Interface;

системи оперативного оброблення даних OLTP —
On Line Transaction Processing;

методи аналітичної роботи з інформацією OLAP —
On Line Analytical Processing;

Автори окреслили основні напрями роботи при
створенні складних систем управління. На кафедрі ав-
томатизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій
в останні роки розроблено типові структури комп'юте-
рно-інтегрованих систем управління цукровими, молоч-
ними та м'ясопереробними підприємствами.

Висновок. Створення комп'ютерно-інтегрованих
систем управління технологічними комплексами є акту-
альною проблемою, розв'язання якої має важливе зна-
чення для харчової та переробної промисловості Укра-
ни. При синтезі структур систем управління використо-
вуються спеціальні методи, засновані на принципах а-
лгебраїчно-декомпозиційного підходу, методів системи
інтеграції, реінжинірингу та технологічного трансферу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ладанюк А.П., Трегуб В.Г., Кишенько В.Д. Уп-
равление технологическими комплексами в компьюте-
рно-интегрированных системах // Проблемы управления
и информатики. — 2000. — № 2. — С. 72–79.

2. Лепеха М.П., Ладанюк А.П., Пильник Т.А.
Моделирование технологических комплексов на основе об'єк-
тно-орієтованого програмування // Автоматика. А-
томатизация. Электротехнические комплексы и сист-
мы. — 1999. — № 2. — С. 10–18.

3. Потапова Г.Б. Структура системы управле-
ния непрерывным производством (иерархические человек
машинные интерфейсы) // Приборы и системы управл-
ния. — 1999. — № 1. — С. 2–6.

Надійшла до редколегії 29.09.2000 р.