

**Міністерство освіти і науки України  
Національний університет харчових технологій**

**НАУКОВІ ПРАЦІ  
НАЦІОНАЛЬНОГО  
УНІВЕРСИТЕТУ  
ХАРЧОВИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ**

**№ 16**

**Київ НУХТ 2005**

### АВТОМАТИЗОВАНЕ КЕРУВАННЯ АПАРАТАМИ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ НА ХАРЧОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

*Розглянуто сучасні методи побудови автоматизованих систем керування апаратами періодичної дії, що пов'язані з використанням універсальної мови моделювання UML, нелінійної динаміки, прогнозних моделей та нейромережних структур.*

**Ключові слова:** автоматизація, керування, динаміка, моделювання, прогноз, нейромережа.

Незважаючи на перевагу і масове поширення у харчовій промисловості апаратів неперервної дії, існують випадки, коли реалізація основних технологічних процесів можлива тільки в апаратах періодичної дії (АПД). До таких випадків відносять процеси з швидким накопиченням побічних продуктів, виробництво невеликих партій продукту у апаратах багатофункціонального призначення від випадку до випадку, обробка продукту за складною програмою, яку важко реалізувати за просторовою координатою тощо. Ефективність функціонування АПД зростає у разі використання вбудованих мікропроцесорних систем керування цими апаратами.

В той же час АПД як об'єкти автоматизованого керування мають певні особливості, що суттєво ускладнюють побудову їх автоматизованих систем

© А.А.Соболь, 2005

*Modern methods of construction of the automated control systems by apparatus of the periodic action, bounded with use of universal language of modeling UML, nonlinear dynamics, predicting models and neural network structures are considered.*

**Key words:** automation, management, dynamics, modeling, the forecast, neural network.

керування (АСК). По-перше, вони є об'єктами як логічного, так і динамічного керування, що вимагає застосування логіко-динамічних структур як при побудові математичних моделей АПД, так і систем керування ними. Це пов'язано, насамперед, з тим, що при реалізації технологічних процесів в цих апаратах перехід від однієї стадії циклу до іншої, як правило, змінює цільове призначення процесу і закономірності, яким він підпорядкований і таким чином дає можливість класифікувати АПД як об'єкт змінної структури. При цьому логічна частина моделі описує перехід від стадії до стадії та від операції до операції, а динамічна частина — розвиток інерційного процесу в межах однієї, насамперед, робочої стадії.

По-друге, в АПД на відміну від апаратів неперервної дії перехідні процеси з початкового у кінце-

вий стан є корисними і часто реалізуються відповідно до технологічного регламенту (ТР). Під час опису таких переходів суттєві зміни реакційного середовища в АПД вимагають врахування зміни параметрів диференціальних рівнянь, що описують перехідні процеси в АПД. Тому в загальному випадку динаміку в АПД описують нелінійні диференціальні рівняння з нестационарністю параметрів, причому остання може бути як між цикловою, так і міжцикловою. Ще однією особливістю динамічних моделей АПД є використання у явному вигляді кінетичних рівнянь для опису процесу накопичення готового продукту в апараті, причому параметри цих рівнянь що визначають форму кінетичної (динамічної) кривої залежать від початкових умов і дуже чутливі до їх зміни.

Вказані особливості дають можливість ефективно використати для моделювання і побудови автоматизованих технологічних комплексів з апаратами періодичної дії (АТК АПД) уніфіковану мову моделювання UML (Unified Modeling Language), складову частину теорії хаосу — нелінійну динаміку та нейронні мережі.

У разі використання UML [4] спрощується об'єктно-орієнтоване моделювання таких логіко-динамічних систем, яке виконується у такій послідовності: опис системи у термінах UML; реалізація моделі системи з допомогою підсистеми Simulink пакета Matlab чи подібного пакета; аналіз результатів комп'ютерного моделювання. З більш ніж десяти типів модельних конструкцій UML — діаграм, що дозволяють розглядати систему під різними кутами зору, для відображення АТК АПД, а також розробки логічної підсистеми достатньо використати чотири основних типів діаграм: *класів*, яка показує статичну структуру системи; *взаємодії*, яка показує часову послідовність використання об'єктів; *стану*, що визначає послідовність станів об'єкта в залежності від зовнішніх подій; *діяльності*, що описує зміну стану об'єкта в залежності від внутрішніх дій.

Нелінійна динаміка [1] для аналізу еволюції дисипативної системи застосовує аттрактор, який описує кінцевий стан будь-якої траєкторії у просторі. Враховуючи це, можна використати аттрактор і для аналізу кінцевих станів технологічного процесу в АПД. Аттрактори розрізняють за кількістю змінних, необхідних для опису часової еволюції дисипативних систем, причому странный аттрактор відповідає задачам четвертої та більшої розмірності і у тримірному просторі може бути поданий множиною пульсуючих ліній. Його важливими особливостями є самоорганізація і чутливість до початкових умов, невелика змінення яких може привести до значних непередбачених результатів.

У разі використання нелінійних динамічних моделей для розв'язання задач автоматизованого керування АПД вони в найбільш повному вигляді складаються з таких модулів [3]: кінетики, масообміну та (або) теплообміну, гідродинаміки, матеріального і теплового балансів, причому побудова усіх модулів за винятком першого тісно пов'язана з конструктивними особливостями апаратів. У той же час використання кожного з цих модулів збільшує розмірність задачі як мінімум на одиницю, тому в більшості випадків траєкторія такого об'єкта може бути подана з допомогою страного аттрактора.

Як зазначалось вище, АСУ АПД, як і його математична модель, у загальному випадку має логіко-

динамічну структуру, тобто складається з логічної підсистеми, що виконує перемикальні дії, і динамічної підсистеми, яка забезпечує реалізацію функції переходу від початкового до кінцевого стану під час робочої стадії. Перемикальні дії можуть бути циклічними та внутрішньо циклічними. Перші формують інтегральні дії для всього циклу у цілому: наприклад, початок та кінець циклу, другі забезпечують перехід від однієї стадії циклу до іншої при досягненні необхідних логічних умов. Динамічні дії пов'язані з неперервним змінням однієї чи кількох складових узагальненого потоку, що включає потоки маси, її компонентів, енергії та кількості рухів під час стадії чи операції циклу. При цьому метою таких дій може бути програмне управління або (та) управління за обмеженнями.

Функціонально-алгоритмічна структура АСУ АПД та її динамічної підсистеми подані на рис.1 і 2.

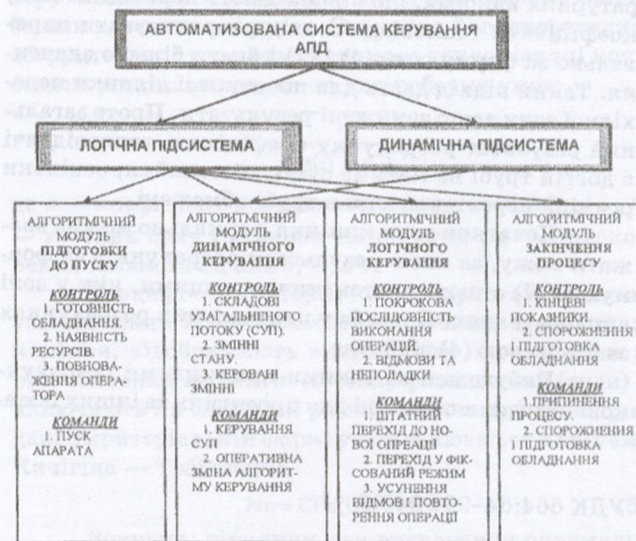


Рис.1. Функціонально-алгоритмічна структура АСК АПД



Рис.2. Функціонально-алгоритмічна структура динамічної підсистеми АСУ АПД

Більшість керованих змінних під час динамічного управління на протяжці робочої стадії циклу змінюється від початкового стану, що характеризується вектором  $X(\tau_0)$ , до кінцевого стану, який визначається вектором  $X(\tau_k)$ . Найбільш ефективним методом формування програми такого руху є оптимальний, що базується на розв'язанні варіаційної задачі оптимального управління:

$$I = \int_{\tau_0}^{\tau_k} \varphi(x, u, z, a) dt \rightarrow \text{opt} \Rightarrow u^*(\tau) \text{ або } x^*(\tau), \quad (1)$$

$$\Omega: \begin{cases} f(x', x, u, z, b) = 0, & (2) \\ 0 \geq h(x, u, z), & (3) \\ g[x(\tau_k), x(\tau_0)] = 0, & (4) \end{cases}$$

де  $x, u, z$  — вектори відповідно змінних стану, керування та збурення;  $a, b$  — вектори відповідно параметрів цільової функції та моделі об'єкта.

Якщо у разі розв'язання такої задачі оптимум критерію управління на-дають граничні значення вектора керувань, то можливе використання управління за обмеженнями. Програми  $U(\tau)$ , тобто для управління витратами — складовими узагальненого потоку у функції часу, найбільш просто реалізуються, однак відповідні системи програмного управління є фактично незамкненими за основною змінною і тому їх застосування доцільно тільки у разі відсутності необхідного вимірювального перетворювача. Підвищення ефективності таких систем пов'язано з використанням програм виду  $U(Y)$ , коли управління задається за параметром стану (наприклад, за зміною рівня в апараті зі змінним об'ємом).

Більшість АПД з точки зору розв'язання задач оптимального керування є об'єктами з неповною інформацією про складові вектора збурень, параметри моделі та обмеження. В цих умовах найбільш прийнятні алгоритми, які використовують зворотній зв'язок та прогнози математичні моделі без настроювання (С-моделі) або з настроюванням (А-моделі). Однак з допомогою цих алгоритмів неможливо розв'язати задачу оптимального управління у разі неповного визначення вектор-функції обмежень, особливо у тих випадках, коли перехід через критичні значення рушійної сили процесу веде до неприпустимих якісних змін технологічного процесу. Застосування в цих умовах прогнозних фізичних моделей [3] дозволяє моделювати в них такі критичні ситуації, створення яких у виробничій технологічній апаратурі неприпустимо.

Іноді виникає необхідність на протяжці робочої стадії стабілізувати деякі змінні стану або осциляційно змінювати їх для інтенсифікації процесів масо- та теплообміну. Враховуючи особливості об'єкта в першому випадку обов'язковим є синтез алгоритму автопідстроювання для таких стабілізаторів. У другому випадку в залежності від особливостей технологічного процесу може виникнути задача стабілізації, при якій необхідно заглушити хаотичні коливання шляхом приведення їх до регулярних, або задача хаотизації, тобто генерація хаотичних коливань, коли хаотичний рух є бажаним. Найкраще відповідають наведеним вимогам програми тори і регулятори, побудовані з використанням нейронних мереж [4], які можна використа-

ти не тільки для керування і прогнозування руху нелінійної системи, але і як джерело хаосу.

**Висновок.** Створення сучасних автоматизованих систем керування апаратами періодичної дії базується на таких алгоритмічних і технічних засобах як універсальна мова моделювання UML, нелінійна динаміка, прогнозні математичні і фізичні моделі, нейромережні регулятори і програматори.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Малинецкий Г.Г. Хаос. Структуры. Вычислительный эксперимент. Введение в нелинейную динамику. — М.: Наука, 1997. — 256 с.
2. Слань Ю.М., Трегуб В.Г. Системы автоматического регулирования з нейромережними регуляторами // Харч. пром-сть. — 2004. — №3 — С.163–165.
3. Трегуб В.Г. Моделирование и управление циклическими технологическими процессами в пищевой промышленности. — Дис. ... докт. техн. наук. — К.: КТИПП, 1990. — 518 с.
4. Трегуб В.Г. Побудова математичної моделі автоматизованого апарата періодичної дії // Харч. пром-сть. — 2004. — №3. — С.165–169.

Надійшли до редколегії 16.03.05 р.

Стаття видана в авторській редакції.