

Аналітичні задачі підсистеми технологічного моніторингу дифузійного відділення цукрового заводу

О.М. Зігунов, Національний університет харчових технологій

В.Д. Кишенько, кандидат технічних наук, професор кафедри інтегрованих автоматизованих систем управління, Національний університет харчових технологій

В статті розглянуті задачі моніторингу стану технологічних процесів, що вимагають аналізу взаємозв'язків великої кількості параметрів процесу і наступного синтезу додаткового інформаційного потоку, який характеризує певні стани процесу. Представлена функціональна структура підсистеми технологічного моніторингу дифузійного відділення цукрового заводу.

Ключові слова: технологічний моніторинг, інформаційний потік, дифузійний апарат.

This article examines the tasks problems the subsystem for monitoring of technological processes, requiring analysis of a large number of interactions of process parameters and the subsequent synthesis an additional flow of information that characterizes the state of some process. The functional structure of the subsystem for monitoring of sugar factory diffusion technological department.

Key words: technological monitoring, information flow, the diffusion apparatus.

Автоматизації цукрового виробництва завжди приділялось багато уваги, і тому практично всі цукрові заводи мають досить високий рівень автоматизації. Особливо це стосується основних технологічних відділень, до яких відноситься сокодобувне відділення. Постійно проводиться модернізація технічного забезпечення, але основні алгоритми управління залишаються традиційними.

З ростом інформаційної завантаженості технологічних інформаційних систем, «людський фактор» і недосконалість архітектур існуючих систем приводять до проблемної ситуації, що ставить під загрозу не тільки ефективність, але і безпеку керування технологічним процесом (ТП). Наявність відмінностей якісного характеру в інформаційних процесах різних задач керування ТП дозволяє поліпшити їх систематизацію, шляхом виділення окремого класу задач, що вимагає іншої організації як внутрішнього, так і загального інформаційного процесу в технологічній інформаційній системі. Однозначний розв'язок даного питання дозволяє більш чітко визначити напрямки оптимізації архітектури технологічних інформаційних систем.

Також існує ряд виробничих задач, для яких актуальний не тільки контроль стану великих об'ємів технологічних параметрів, але і їх спіль-

ний аналіз, одержання на основі вихідних даних певної сукупної аналітичної інформації виробничого характеру. Ключовим для даного кола задач є «спільний аналіз» і «великий об'єм» технологічних даних. Саме одночасна необхідність виконання цих двох факторів приводить до переходу відповідного інформаційного процесу в іншу якість, що дозволяє виділити окремий підклас серед задач керування технологічним процесом, а саме задач технологічного моніторингу.

Аналізуючи математичні моделі процесів в похилому дифузійному апараті [1] можна визначити, що вони не є достатніми для оптимізації процесу екстрагування і автоматичного керування ним. Саме через це на практиці використовують локальні системи управління лише окремими параметрами технологічного процесу екстрагування цукру в похилому дифузійному апараті (ПДА), а в цілому технологічним процесом керує людина-оператор, дії якої рідко коли виводять процес в оптимальний режим. ПДА можна віднести до складних систем. Крім того, більшість режимних параметрів та якісних характеристик ПДА є стохастичними, а по деяких із них відсутня можливість отримання кількісних характеристик.



Рис. 1. Типова задача автоматизованого керування технологічним процесом

При роботі дифузійної установки необхідно підтримувати оптимальне значення якісних показників, зокрема концентрацію сухих речовин в дифузійному соці і кількість цукру в жомі. Безпосереднє управління цими параметрами неможливе, тому виникає необхідність їх регулювання шляхом зміни непрямих параметрів. До останніх відносяться показники матеріального балансу, теплового режиму, навантаження апаратів. Відповідно ПДА як об'єкт управління є складною нелінійною, стохастичною системою з розподіленими параметрами, частина з яких не має кількісного однозначного вимірювання.

Типова підсистема контролю і управління (SCADA) в складі автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП) дозволяє автоматично контролювати вихід технологічного параметра за допустимий інтервал значень і формувати текстові, знакові, звукові повідомлення оператору про необхідність керуючого впливу, що в результаті значно знижує значущість «людського фактора». При контролі сукупності параметрів ТП, задача оператора автоматизованої систе-

ми ускладнюється. Типовою є ситуація контролю вектора технологічних параметрів P [1]:

$$P = \{p_i : i \in I\}$$

і формування сукупного керуючого впливу C :

$$C = \{y_j : j \in J\}$$

У випадку, коли мова йде про простий контроль P на предмет знаходження в багатомірній сфері припустимих значень N :

$$N = \{n_k : k \in K\}, \text{ де } N \subset P$$

задача оператора ускладнюється, однак її відмінність лише кількісна - в обсязі оброблюваної інформації.

У типовому випадку, принципи обробки залишаються попередніми, оскільки будь-яка SCADA-система допускає груповий контроль P , а також і автоматизацію керуючих впливів. Розглянутий груповий контроль P є найпростішим випадком процедури автоматизованого аналізу стану процесу і наступного перетворення технологічно-

го інформаційного потоку в скорочений вигляд, зручний для сприйняття людиною. Закладена в типову архітектуру SCADA-системи функціональність формування наборів зведених сигналів [2], по суті являє собою можливість задати правило F відображення множини P у якусь множину V , що характеризується меншим кардинальним числом:

$$F : P \rightarrow V = \{v_j : j \in J\} \Rightarrow \sum i > \sum j$$

Таким чином, навіть значний обсяг параметрів ТП, що перевершує можливості сприйняття оператора, успішно контролюється в автоматизованому режимі стандартними методами з використанням SCADA-системи (рис. 1).

Для продовження загального дослідження інформаційних процесів обробки технологічних параметрів розглянемо практичний приклад керування технологічним процесом екстрагування цукру в дифузійному відділенні цукрового заводу. Для контролю процесу, як правило, системи автоматизації та моніторингу використовують дані від датчиків, що надають інформацію про наступні величини:

- співвідношення бурякова стружка-живильна вода;
- температура по зонам дифузійного апарату;
- температура живильної води;
- тривалість процесу, що залежить від кількості обертів шнеків дифузійного апарату;
- величина рН дифузійного соку;
- вміст сухих речовин у дифузійному соці;
- витрата дифузійного соку.

При зміні одного з контрольованих параметрів система автоматизації формує керуючі впливи на виконавчі механізми, чим забезпечує підтримку їх у встановлених межах. Якісні показники роботи відділення (вміст цукру в жомі та вміст сухих речовин в дифузійному соці) можуть змінюватись навіть при незмінних контрольованих та регульованих параметрах, що наведені вище. З точки зору організації стандартного автоматизованого контролю засобами SCADA-системи, ситуація залишається в нормі і оператор не отримує ніяких попереджувальних повідомлень. Лише при сумісному аналізі параметрів технологічного процесу та даних, що отримуються лабораторним шляхом (дигестія буряку, показники якості стружки), можна судити про зміни в технологічному процесі. Наприклад, при зміні дигестії необхідно передбачити зміну співвідношення стружка-вода, а при зміні якісних показників стружки змінюється тривалість процесу.

Наведений приклад демонструє, що значний об'єм інформації знаходиться у взаємозв'язках технологічних параметрів, наскільки важливою може бути ця інформація, і наскільки актуальна задача автоматизації етапу попередньої обробки технологічних даних і представлення інформації в оптимальному вигляді для особи, що приймає рішення.

Розглянемо далі узагальнену виробничу ситуацію, ймовірність виникнення якої може підвищуватися з ускладненням ТП. Нехай у ході виконання ТП можуть виникати деякі стани X :

$$\exists X : X \subset N \subset P,$$

такі що, з одного боку, вони не суперечать нормальному виконанню ТП, однак у зазначеній сукупності несуть додаткову інформацію про поточний стан технологічної системи, актуальну для користувачів і потребують прийняття певних управлінських рішень. Виділення станів X , у загальному випадку, може визначатися складним алгоритмом, обумовленим конкретними взаємозв'язками параметрів реального процесу, і в багатьох випадках подібний аналіз технологічних даних неможливий не тільки для людини, але й штатними засобами SCADA-систем. Саме тому, що в подібних задачах виникає одночасна необхідність обробки великих об'ємів даних і їх спільний аналіз, реалізація таких задач стає неможливою в рамках стандартних SCADA-систем, архітектура яких не орієнтована на подібного роду задачі. Суть у тому, що при досягненні деякого стану X_t , система (технологічний процес) стає носієм нової актуальної інформації, і необхідний тільки механізм її отримання. Даний механізм є ні чим іншим, як автоматичним системним дослідженням, проведеним у реальному часі для задачі розглянутого типу.

Дійсно, для розв'язку подібних завдань необхідний аналіз технологічного інформаційного потоку P и наступний синтез додатково інформаційного потоку A :

$$A = \{a_l : l \in L\}$$

що сигналізує не просто про стан параметрів процесу, але про більш складні характеристики ТП у цілому. Синтез даного потоку здійснюється на основі специфічного для кожної конкретної задачі правила G відображення вхідного технологічного інформаційного потоку P у станах X у вихідний потік A :

$$G : X \rightarrow A \Rightarrow \sum i > \sum j > \sum l$$

Виконання даної операції не тільки знижує

кардинально число параметрів, що використовуються оператором процесу, але і перетворює структуру інформації про стан ТП до нового виду, оптимального для ухвалення рішення на етапі ситуаційного аналізу. Таким чином, перетворення інформації про ТП до потоку А забезпечує особи, що приймає рішення, доступність і повноту контролю стану найскладніших ТП, характерних для сучасного етапу розвитку промисловості.

Задачі моніторингу стану технологічних процесів, що вимагають аналізу взаємозв'язків великої кількості параметрів процесу і наступного синтезу додаткового інформаційного потоку, що характеризує певні стани процесу – є аналітичними задачами технологічного моніторингу. Потік інформації, синтезований на основі аналізу вхідних технологічних даних на автоматичному етапі розв'язку аналітичної задачі - аналітичний інформаційний потік.

Інформаційний процес аналітичної задачі технологічного моніторингу представлений на **рис. 2**.

Можна припустити, що аналітичні задачі виникають тим частіше в ході моніторингу стану ТП, чим складніші ці процеси. З ростом складності ТП кількісні зміни в об'ємі параметрів процесу переходять у якісні, породжуючи новий клас задач системи технологічного управління. На противагу простим, для складних ТП характерне виконання великого числа з перерахованих особливостей: значна різноманітність і складність застосованого обладнання; велика кількість технологічних об'єктів, задіяних у процесі; велике число вхідних і контрольованих параметрів; суттєва взаємодія функціональних підсистем; просторова розподіленість технологічних об'єктів; аналітично складний взаємозв'язок параметрів процесу. Особливості подібних ТП суттєво ускладнюють задачі оперативного технологічного керування. На-

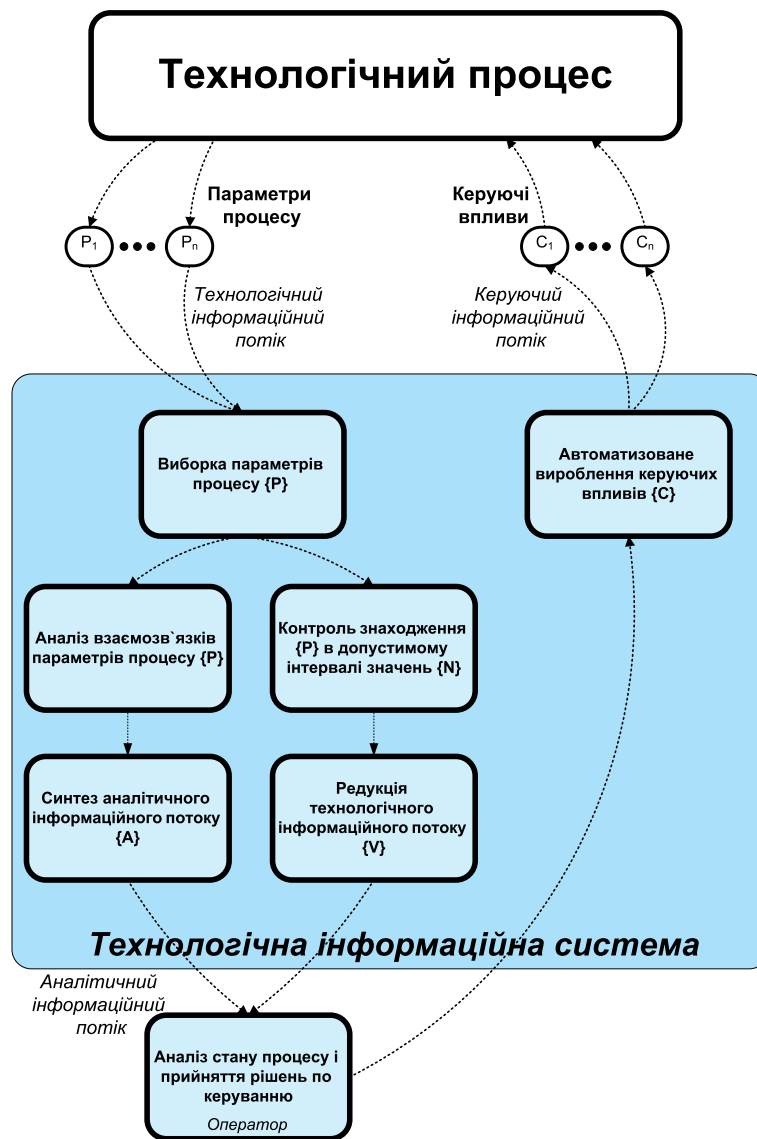


Рис. 2. Інформаційний процес аналітичної задачі технологічного моніторингу

явність впливових взаємозв'язків, а також складність, різноманітність і розподіленість технологічних об'єктів, що реалізують процес, найчастіше не дозволяє представити весь процес як сукупність послідовних стадій і однозначно зв'язати ці стадії з окремими технологічними об'єктами. Таким чином, керування складними технологічними процесами вимагає розглядання всього процесу як цілого, одноразового аналізу сукупності параметрів і взаємозв'язків. Інакше кажучи, якщо для простих процесів первинним (системою) є технологічний об'єкт, що реалізує процес, то для складних процесів як системи логічно розглядати сам ТП. Це дозволяє виділити дві важливі властивості інформаційного потоку складних ТП, а саме:

- інформаційний потік складних технологічних процесів не піддається ефективній декомпозиції щодо технологічних об'єктів;
- синтез адекватного реальному процесу інформаційного потоку на основі сукупності інформаційних потоків технологічних об'єктів, залучених у процес, неможливий.

Ці особливості перебувають у контексті загальних результатів дослідження складних систем [3], які показують, що з ростом складності системи, частка інформації, що міститься у зв'язках системи, значно зростає. Саме необхідність врахування інформації, що привноситься складними зв'язками системи, і породжує новий клас аналітичних задач моніторингу стану складних ТП, а врахування фактору оперативності даного аналізу, приводить до необхідності його автоматизації в рамках сучасної технологічної інформаційної системи (ІС).

Існуючі архітектури технологічних ІС оптимізовані на первинний контроль і керування технологічними об'єктами, що реалізують ТП. До певного рівня складності ТП, такий підхід залишається ефективним, оскільки, як це було показано вище, інформаційний потік адекватно охоплює, як промисловий об'єкт, так і ТП. Однак, при збільшенні складності ТП, для збереження ефективності технологічного моніторингу виникає необхідність більш загального охоплення інформації, характеристикації ста-

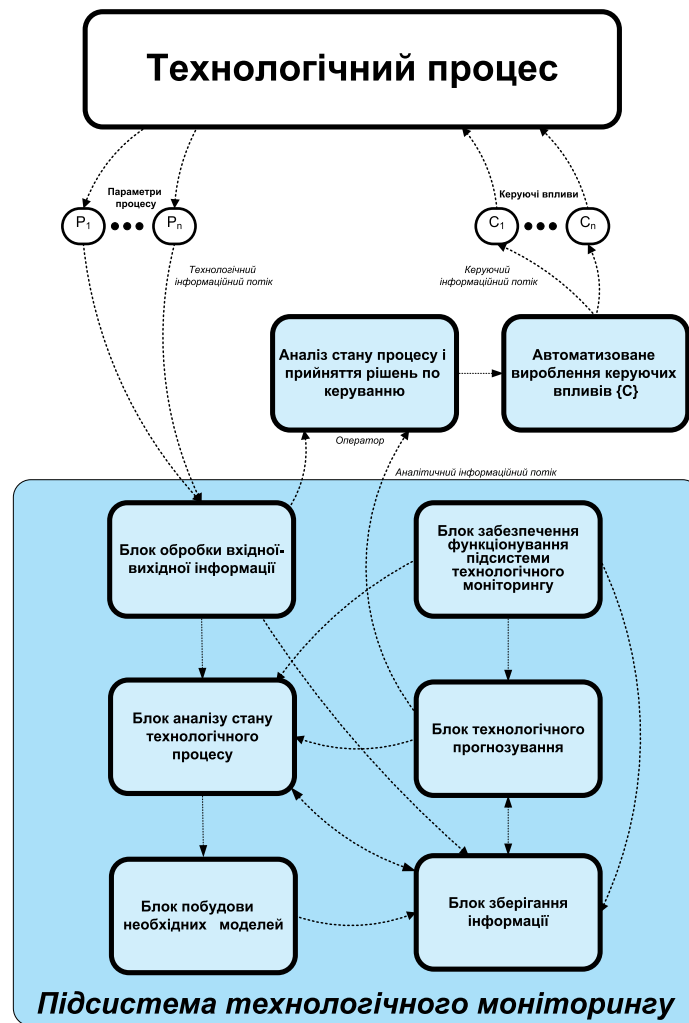


Рис. 3. Структура підсистеми технологічного моніторинга

ну ТП у цілому. Кількісні зміни в інформаційному процесі переходять у якісні - виникають аналітичні задачі моніторингу стану ТП. З ростом складності аналітичних задач починає усе більш проявлятися неефективність інформаційного процесу існуючих архітектур технологічних ІС.

Функціональна структура підсистеми технологічного моніторингу системи управління технологічним процесом включає такі групи блоків: обробка вхідної-вихідної інформації (виділення аномальних вимірювань, відновлення пропусків даних, фільтрації даних, визначення комплексних показників), побудови необхідних моделей (структурна та параметрична ідентифікація), аналізу стану технологічного процесу (визначення типу технологічного режиму, класифікації ситуацій, технологічного прогнозування (прогнозування системних тенденцій - довготривале прогнозування, оперативне прогнозування), оцінка можливих наслідків управління (оцінка ефективності стратегії управління), зберігання інформації (бази даних та знань), забезпечення функціонування підсистеми технологічного моніторингу (керуюча компонента) [4].

Структуру підсистеми технологічного моніторингу представлена на **рис. 3**.

Новий клас систем можна охарактеризувати як системи попередньої обробки, систематизації, і аналізу технологічної інформації. По суті, така система являє собою функціональний гібрид SCADA і DSS (Decision Support System) систем, і є системою підтримки прийняття оперативних технологічних рішень, яка функціонує в режимі реального часу. У той час як типова підсистема моніторингу представляє інформацію систематично, щодо об'єктів автоматизації, сучасна система технологічного моніторингу повинна обробляти і представляти інформацію систематично щодо технологічних процесів.

Розглядаючи весь інформаційний процес у цілому, можна сказати, що для підвищення ефективності керування виробничим процесом, необхідна єдина узагальнена система моніторингу. Дана система повинна включати як підсистему відображення технологічних даних по об'єктах, так і підсистему представлення даних за аналітичними задачами моніторингу стану технологічного процесу. Ця підсистема вибирає з вихідної технологічної інформації необхідний об'єм для розв'язання відповідної задачі і представляє на етап ситуаційного аналізу результати обробки вихідних даних в оптимальному вигляді для прийняття рішення. Це до-

зволяє представляти персоналу найбільш важливу інформацію більш компактно і систематично щодо конкретних виробничих задач. При цьому за простим і зрозумілим кінцевим представленням стоїть складний, багатоступінчастий етап обробки вхідної технологічної інформації, і завдяки автоматизації даного етапу, ефективність контролю стану технологічного процесу багаторазово зростає.

Задачі типових підсистем вирішує промислова SCADA-система, відображаючи дані відповідно до набору відеограм об'єктів автоматизації, для вирішення задач другого типу необхідна інша за функціональністю і архітектурі система, інтегрована зі стандартною SCADA-системою.

Пропонована концепція може бути представлена як розширення достатньо добре дослідженого класу систем, що отримав широке практичне поширення при аналізі процесів з використанням оперативних даних стосовно до задач керування складними ТП.

Крім того, для підприємств, що реалізують єдиний складний цикл ТП усе більшу актуальність представляє впровадження систем моніторингу на координаційному рівні виробничого процесу.

Розробка принципів побудови систем подібного класу і наступне їхнє впровадження може суттєво підвищити оперативність і якість обробки технологічної інформації, а в результаті підвищити ефективність і безпеку керування промисловими об'єктами. ■

Список використаних джерел

1. Горячев Г.В. Математичні моделі та методи комп'ютерного моделювання процесу екстрагування цукру в похилому дифузійному апараті: Монографія // Г.В. Горячев, Б.І. Мокін; МОН України. – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2004. – 132 с.
2. SCADA-системы: взгляд изнутри // Е.Б. Андреев, Н.А. Куцевич, О.В. Синенко // - М. : Издательство «РТСофт», 2004. - 176 с.
3. Месарович М., Такахара И. Общая теория систем: математические основы. // М. : Мир, 1978 – 312 с.
4. Кишенько В.Д. Задачі технологічного моніторингу в системах керування виробничими процесами технологічних комплексів // Автоматизація виробничих процесів, 2006.- №2(23) - С. 48-52.

Рецензент: Ю.Б. Беляєв, д.т.н., проф.