

Ефективність систем автоматизації технологічних процесів і комплексів

проф. Ладанюк А.П.,
асп. Бойко Р.О.,
асп. Шумигай Д.А.

Національний університет харчових технологій

На багатьох підприємствах України в останні роки впроваджені системи автоматизації на базі мікропроцесорних засобів та ПК, об'єднаних у мережі різного рівня та призначення. Не так давно – в 80-90-ті роки минулого століття такі системи сприймалися як екзотичні, але тепер настала черга оцінити реальний економічний ефект їх застосування та функціонування. Як правило, в більшості систем автоматичного регулювання використовуються алгоритми стабілізації, коли у відповідності до технологічного регламенту задається вектор змінних у вигляді завдань автоматичним регуляторам. Відхилення змінної $X(t)$ від заданого значення $X_{зд}(t)$ ($\Delta X = X_{зд}(t) - X(t)$) може набувати в звичайних системах суттєвих величин, що викликано зовнішніми збуреннями, у тому числі неконтрольованими, та зміною характеристик об'єкта. Таким чином, у реальній системі $\Delta X \neq 0$, що приводить до збільшення витрат енергоносіїв та матеріалів, погіршення якісних показників продукції та виникнення нештатних ситуацій, які можуть розвиватись до аварійних [1,2].

На сьогодні об'єктивно склалось кілька підходів до оцінки ефективності управління як окремими технологічними об'єктами, так і технологічними комплексами в цілому. При цьому використовуються різні показники та критерії – прибуток та економічність на кінцевому інтервалі часу, технологічні показники (зростання продуктивності, зменшення витрат продукту тощо). Одним зі зручних інструментів оцінки ефективності управління є використання функції втрат, яка для різних об'єктів має свої особливості, але завжди є мінімальною при мінімальних відхиленнях змінних від технологічного режиму та зростає при відхиленнях ΔX як при зменшенні, так і при збільшенні. Функція

втрат може безпосередньо виражатись через енергетичні витрати, вихід продукту та його втрати тощо [3].

Природним є питання – як збільшити ефективність систем автоматизації, за якими показниками оцінити окупність затрат на автоматизацію? Сучасні підходи до розв’язання цієї проблеми базуються на методах системного аналізу та новітньої теорії управління, головними з яких є:

- точність стабілізації технологічних змінних, що забезпечується використанням сучасних методів та алгоритмів, реалізованих на базі мікропроцесорних контролерів;
- оптимізація технологічних режимів, перехід з одного режиму на інший. Підзадача оптимізації використовує, насамперед, технологічні або техніко-економічні критерії;
- енергозбережні алгоритми та режими, що реалізуються відповідним інформаційним та технічним забезпеченням;
- координація підсистем технологічного комплексу, що забезпечує узгодження функціонування окремих частин для забезпечення найвищих техніко-економічних показників;
- ситуаційне та прецедентне управління. Виявлення стану окремих частин технологічного комплексу характеризується певними ситуаціями, а ситуаційне управління дає можливість в дорадчому режимі обрати оперативні рішення в управлінні;
- інтелектуальні підсистеми підтримки прийняття рішень (ІПППР), що будуються на основі експертних систем та враховують виробничий досвід фахівців – експертів, створення баз даних та баз знань;
- компенсація запізнень та збурень за спеціальними технічними засобами та програмами, що забезпечує ефективність управління в різних ситуаціях;
- вдосконалення інформаційного забезпечення, використання SCADA та MES – систем.

Певний досвід створення ефективних систем автоматизації на рівні технологічних агрегатів та комплексів має кафедра автоматизації процесів управління Національного університету харчових технологій, що стосується, насамперед, цукрових та спиртових заводів.

Перспективним напрямом автоматизації є перехід від управління окремими підсистемами до управління на рівні виробництва та підприємства. При цьому реалізуються функції, які забезпечують ефективність систем автоматизації:

- автоматизована попередня обробка масивів даних (відновлення пропусків, виявлення аномальних даних та мультиколінеарності початкових даних та їх нормування);
- автоматизований аналіз динамічних характеристик, статистичні оцінки (кореляційний аналіз, ідентифікація моделей, виявлення аномальних даних, візуалізація відхилень неточних значень змінних від заданого діапазону, агрегування спостережень);
- прогнозування вихідних характеристик та стану об'єкта (багатовимірні регресія, канонічна кореляція, еволюційно-генетичне моделювання, штучні нейронні мережі, прецедентний аналіз даних, калманівська фільтрація);
- оптимізація процесу управління (повний перебір варіантів значень предикатів в околі очікуваного значення цільової функції, випадковий пошук у просторі значень предикатів, розв'язання оберненої задачі визначення параметрів управління);
- контроль стану об'єкта і каналів моніторингу на основі прогностичного аналізу нев'язок вимірювань та кореляційної структури контрольованих змінних;
- забезпечення взаємних зв'язків між рівнями системи управління;
- розрахунок поточної ефективності управління ТП та основних ТЕП.

Для технологічних комплексів підвищення ефективності управління безпосередньо пов'язане з вибором та реалізацією алгоритмів та методів

узгодження функціонування підсистем (координацією). Для умов технологічного комплексу цукрового заводу показана можливість координації окремих підсистем, зокрема: відділення екстрагування, відділення очистки, відділення вапарки.

Загальну оцінку функціонування технологічного комплексу з системою управління доцільно виконати на основі узагальненого економічного показника типу прибутку:

$$\Pi = \int_0^{T_{\text{зв}}} \sum_{k=1}^T (B_k C_k - \sum_{e=1}^{\Pi} Z_e) dt \quad (1)$$

$T_{\text{зв}}$ - звітний період часу;

B_k, C_k - відповідно випуск та ціна k -го продукту;

Z_e - витрати на випуск продукції, включаючи витрати на систему управління.

Координація є специфічною задачею ієрархічної системи управління та на сьогодні використовує ряд принципів, на яких засновані ітеративні та безітеративні процедури розв'язання поставленої задачі. Основними є принципи:

- прогнозування взаємодій, коли координація здійснюється шляхом задання змінних взаємодії координуємих підсистем (це відповідає проміжним завданням);
- узгодження взаємодій, який передбачає модифікацію локальних функцій мети за допомогою параметрів, які задаються координатором (це відповідає проміжним цінам);
- оцінки взаємодій, який можна розглядати як узагальнення принципу прогнозування взаємодій на випадок, коли в підзадачах нижнього рівня координатором задаються області допустимих значень змінних взаємодії підсистем

Складна система управління складається з різноманітних елементів - керуючих центрів, які виникають у результаті горизонтального та вертикального розподілу функцій. В багаторівневих ієрархічних системах

управління задачі узгодження та координації рішень приймаються на всіх рівнях керування.

Найбільш відома дворівнева структура системи управління ТК має такий вигляд [4]:

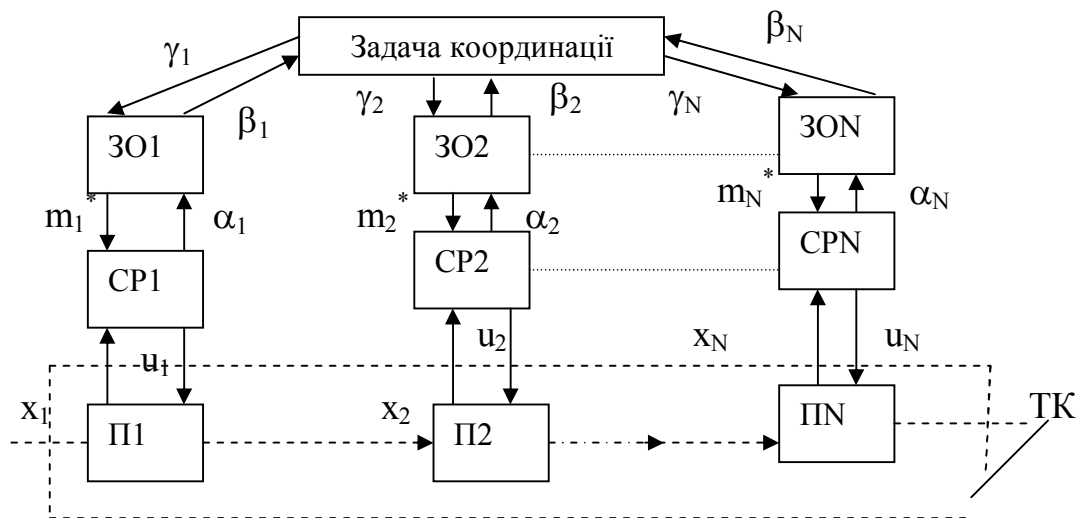


Рис.1. Структура системи управління ТК

α_i – вектор агрегованих змінних для i -ої підсистеми; m_i^* – вектор управління (завдання змінних стану), визначений в i -й задачі оптимізації; γ_i – параметр координації; β_i – вектор інформації про оптимізацію i -тої підсистеми; ЗО – задача оптимізації; СР – система регулювання, П – підсистема ТК; x_i – координати стану або вихідні змінні; u_i – управління.

Зважаючи на складність ТК цукрового заводу, доцільно розглядати розширену дворівневу задачу координації, де вирішується загальна або глобальна задача на рівні підсистем і локальна або внутрішня – координація на рівні окремої підсистеми.

Декомпозиція ТК як об'єкта управління виконується з використанням принципів системного аналізу, що дає можливість знизити розмірність загальної задачі, а підсистеми виділяються за такими ознаками:

- на основі існуючої організаційної структури, яка відображає технологічні зв'язки та способи управління окремими агрегатами або підрозділами;

- формування «регулярної» структури, коли кожна з підсистем має однакові розмірності щодо змінних стану, вихідних змінних та сигналів управління;
- існування підзадач оптимального управління зі своїми критеріями, моделями та обмеженнями.

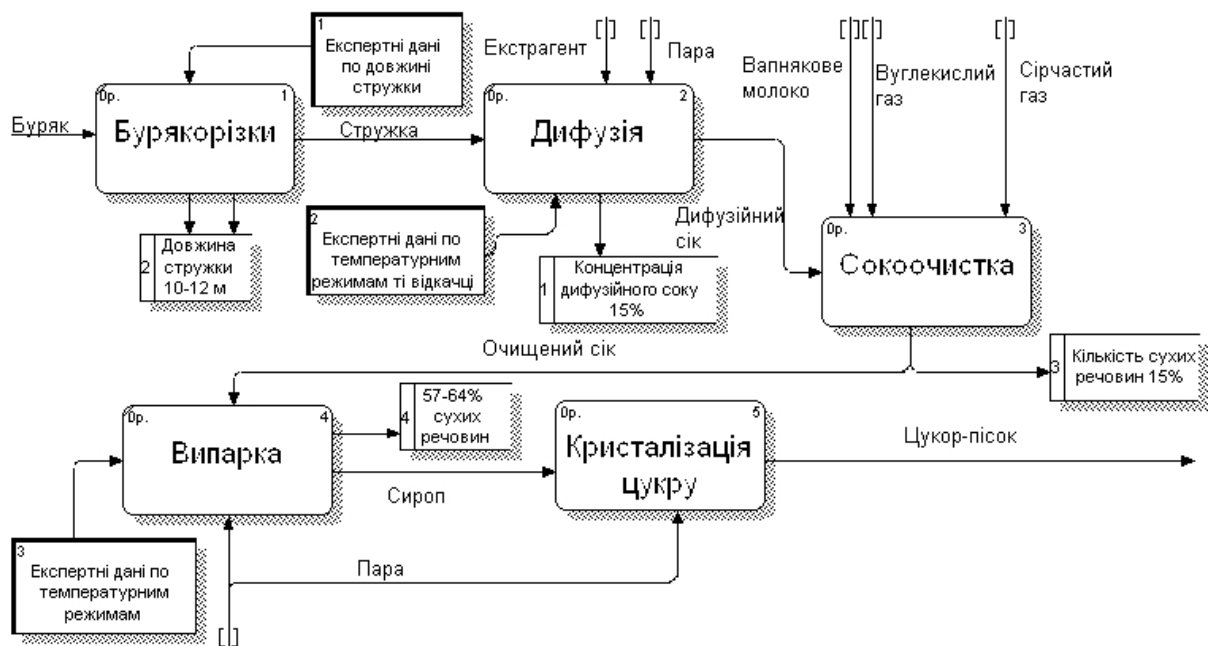


Рис. 2. Структура ТК цукрового заводу

На рис. 2 за допомогою Data Flow Diagram (DFD) відображено складну ієрархічну структуру ТК цукрового заводу, для якого задачу глобальної координації слід розглядати як узгодження дії основних відділень (дифузійного, сокоочистного, випарного), а задачу локальної координації – узгодження дій на відповідних відділеннях. Наприклад, на відділенні сокоочистки підсистемами узгодження для вирішення задачі локальної координації є переддефекація, дефекація, I,II сатурація, сульфитація, причому кожний з цих процесів має свою задачу оптимізації.

Для постановки задачі координації необхідно провести аналіз досліджуваного ТК (наприклад, за допомогою DFD), виділити підсистеми, сформувати комплекс на основі виділених підсистем. Для розв’язання задачі координації складних об’єктів, насамперед технологічних комплексів (ТК), завжди виникає задача оцінки їх стану, що викликано неперервною зміною як

зовнішнього середовища, так і параметрів об'єкта. Таким чином, об'єкти керування є динамічними, для опису їх стану використовуються динамічні моделі – як детерміновані, так і стохастичні. Методи аналізу динаміки складних динамічних об'єктів включають: детерміновані, статистичні, ймовірнісні, логічні, нечіткі та нейромережеві моделі [5].

Література

1. Ладанюк А.П. Показатели функционирования и устойчивости систем с многопараметрическими регуляторами / А.П. Ладанюк, Д.О. Крониковский // Международный научно-технический журнал «Проблемы управления и информатики». – 2011. - №2. – С. 122 – 129.
2. Штейнберг Ш.Е. Проблемы создания и эксплуатации эффективных систем регулирования / Ш.Е. Штейнберг и др. // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2004. - №7. – С. 1 – 12.
3. Кузнецов Б.Ф. Оценка эффективности систем управления с использованием многомерных функций потерь / Б.Ф. Кузнецов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2008. - №2. – С. 1 – 4.
4. Ладанюк, А. П. Основи системного аналізу: навчальний посібник / А. П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 176 с.
5. Мусаев А.А. Программно-алгоритмический комплекс расширенного управления многопараметрическими технологическими процессами на основе прогностических моделей / А.А. Мусаев, В.А. Никитин // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2007. - №3. – С. 1 – 5.