



АВТОМАТИЧНІ ТА АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

УДК 681.513.8

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ КОМПЛЕКСОМ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА

Software complex control system to improve manufacture efficiency

Шумиґай Д.А.¹, Ладанюк А.П.², Бойко Р.О.² (Shumygai D.A., Ladanyuk A.P., Boyko R.O.)^{1,2}Національний університет харчових технологій, Київ¹E-mail: shumygai@gmail.com

Copyright © 2014 by author and the journal “Automation technological and business - processes”.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

DOI: 10.15673/

Анотація

В статті розглядається технологічний комплекс цукрового заводу, який можна віднести до складних систем нелінійного типу. Обґрунтовано необхідність вирішення задачі координації в складних технологічних комплексах. Виділено необхідні підсистеми для подальшого розв'язку поставленої задачі. Описано структуру системи управління, яка поєднує переваги координаційного та ситуаційного управління. Результатом розв'язку задачі координації буде підвищення ефективності функціонування технологічного комплексу (максимізація обраного критерію управління) у разі роботи системи в штатному режимі. При виникненні нештатної ситуації передбачено можливість застосування методів та принципів ситуаційного управління, що має збільшити швидкість прийняття рішення у разі виникнення подібних ситуацій та оперативне повернення до штатного режиму. Обґрунтовано вибір критерію управління. Наведено вигляд графічного інтерфейсу розробленого програмного забезпечення, яке може бути інтегроване до вже існуючих АСУТП на виробництві.

Abstract

In the article the technological complex of sugar factory, that can be attributed to complex systems of nonlinear type, is considered. The necessity of solving the problem of coordination in complex technological complexes is substantiated. Required subsystems for future solution of the problem are segregated. The structure management system that combines the benefits of coordination and situational management is described. The result of solution of the problem of coordination is the efficiency increase of technological complex (maximizing management selected criteria) in the case of the system in normal mode. In the event of emergency situations envisaged the possibility of applying principles and methods of situational management, which should increase the speed of decision-making in the event of such situations and quick return to the standard mode. The choice of criterion administration is substantiated. The graphical interface of the developed software that can be integrated into the existing control system in production is shown.

Ключові слова

Технологічний комплекс, ефективність управління, задача координації, декомпозиція, ситуаційне управління.

**АВТОМАТИЧНІ ТА АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ****Вступ**

В даній статті наводиться приклад підвищення ефективності виробництва за рахунок координації матеріальних потоків між виділеними підсистемами складного технологічного комплексу. Даний підхід може бути застосований до будь-яких складних об'єктів, які мають складні нелінійні зв'язки.

Основна частина

Для вирішення задачі координації необхідно провести аналіз досліджуваного об'єкта, виділити підсистеми, виділити критерій оцінки ефективності, сформувати алгоритми координації та сформувати комплекс системи управління на основі виділених підсистем.

В статті в якості об'єкта розглядається технологічний комплекс (ТК) цукрового заводу, який складається зі значної кількості функціонально необхідних ступенів переробки сировини та напівпродуктів і відноситься до складних систем, оскільки він має такі характерні ознаки: [1]: складність, спостережність, керованість, чутливість, стійкість, координованість, адаптивність, ефективність, надійність, матеріаломісткість, живучість, металомісткість, енергоємність, капіталомісткість, трудомісткість, які необхідно забезпечувати і підтримувати на належному рівні.

Виділені підсистеми ТК мають свої критерії управління, математичні моделі та обмеження. При декомпозиції ТК на підсистеми виникає ієрархічна структура і як результат формується глобальна мета системи та частинні цілі підсистем. Підсистеми ТК мають численні зв'язки між собою за матеріальними та енергетичними потоками, а також за впливом на якісні показники напівпродуктів та готового продукту. При оцінці ефективності функціонування ТК саме взаємні зв'язки між підсистемами мають найбільш суттєве значення. В той же час при автоматизованому управлінні ТК фактично не враховуються взаємні зв'язки між підсистемами, що значно знижує техніко-економічні показники функціонування автоматизованих ТК. Задача координації полягає у вирішенні поставлених задач.

Необхідність координації викликана тим, що:

- ТК складається з багатьох підсистем, кожна з яких включає технологічні агрегати та допоміжне обладнання;
- ТК працює протягом виробничого процесу неперервно;
- технологічні агрегати є суттєво нестаціонарними;
- існуючі системи стабілізації технологічного режиму не забезпечують ефективного управління ТК;
- не існує методики зміни в реальному часі критеріїв оптимальності при управлінні ТК.

Розв'язанням задачі координації є визначення взаємодії підсистем, при яких управління, оптимальні за критеріями ефективності кожної з підсистем, є також оптимальними за загальним критерієм для ТК в цілому [2].

Проте виробничі процеси протікають в умовах, що характеризуються певним діапазоном зміни параметрів процесів, вихід за які означає появу нештатної (аварійної) ситуації, пов'язаної з порушенням виробничого регламенту (всілякі порушення в ході технологічних процесів, вихід з ладу технологічного обладнання, збій по електроживленню та ін) [3].

В ході виробництва цукру виникають труднощі при ідентифікації аварійних ситуацій, пов'язаних зі складністю об'єкта управління (ОУ) та умов його функціонування. При цьому рішення оператора повинні прийматися оперативно, в реальному режимі часу, так як затримка в реалізації керуючих впливів призводить до відчутних економічних втрат.

Рішення даної проблеми для цукрових виробництв може бути отримано на основі ситуаційного управління, яке на відміну від класичної теорії дозволяє здійснювати побудову логіко-лінгвістичних моделей, які забезпечують високу ступінь адекватності опису аварійних ситуацій, що виникають на ОУ.

Розроблене програмне забезпечення використовує в своїй основі запатентовану структуру системи автоматизації процесів координації підсистем технологічного комплексу цукрового заводу з використанням ситуаційного управління (рис. 1) [3]. Поставлена задача розв'язується за рахунок того, що система автоматизації процесів координації підсистем ТК цукрового заводу з використанням ситуаційного управління містить в своєму складі координатор, класифікатор, базу знань, розв'язувач, аналізатор. В режимі реального часу координатор розв'язує задачу координації за принципом прогнозування взаємодії, координатор в явному вигляді визначає момент часу та дії координації, що мінімізує ймовірність виникнення нештатних ситуацій, а якщо вже така ситуація виникла, то шукає ідентичні ситуації в базі знань, а при відсутності подібних, переглядає вплив обраного ним рішення на кілька кроків вперед на основі описів об'єкта управління і процесів, що протікають в ньому. При вдалому прогнозі координатор приймає відповідне рішення з подальшим занесенням ситуації та виробленого управління до бази знань.



АВТОМАТИЧНІ ТА АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

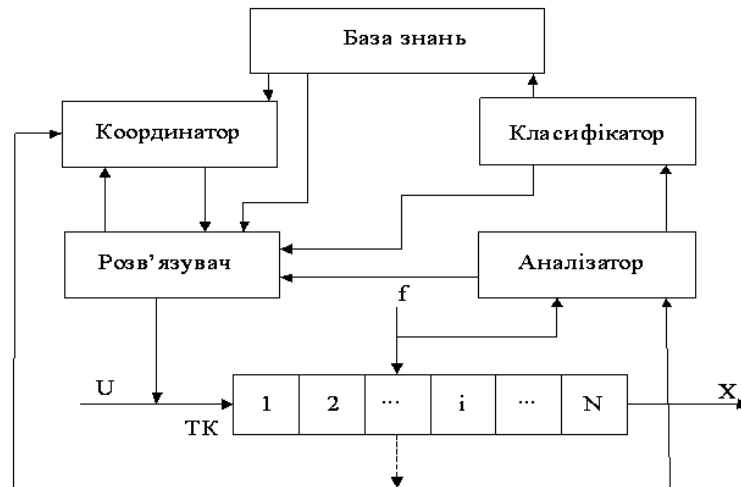


Рис. 1. Структура системи автоматизації процесів координації підсистем технологічного комплексу цукрового заводу з використанням ситуаційного управління.

ТК цукрового заводу розглядається як сукупність підсистем дифузійного відділення, відділення очистки та випарного відділення, так як саме ці підсистеми мають нелінійні залежності. Наприклад зі збільшенням відкачки дифузійного соку зменшується втрата цукру в жомі, що є покращенням ефективності функціонування ТК, проте зростають витрати на випарній установці, що у свою чергу зменшує ефективність.

Моделі дифузійного та випарного відділень описуються в Simulink. Наприклад, математична модель теплообмінної частини похилого дифузійного апарату у вигляді системи диференціальних рівнянь має наступний вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 1.157 \frac{d\Delta\theta_1}{dt} + \Delta\theta_1 = 0.43\Delta\theta_c + 0.54\Delta\theta_2 + 0.03\Delta\theta_{n1} - 0.27\Delta G_c + 0.15\Delta G_{oc}; \\
 1.169 \frac{d\Delta\theta_2}{dt} + \Delta\theta_2 = 0.43\Delta\theta_1 + 0.54\Delta\theta_3 + 0.03\Delta\theta_{n2} - 0.14\Delta G_c + 0.04\Delta G_{oc}; \\
 1.181 \frac{d\Delta\theta_3}{dt} + \Delta\theta_3 = 0.43\Delta\theta_2 + 0.54\Delta\theta_4 + 0.03\Delta\theta_{n3} - 0.04\Delta G_c + 0.03\Delta G_{oc}; \\
 1.193 \frac{d\Delta\theta_4}{dt} + \Delta\theta_4 = 0.43\Delta\theta_3 + 0.33\Delta\theta_\sigma + 0.03\Delta\theta_{n4} + 0.21\Delta\theta_{\text{жс}} + 0.92\Delta G_\sigma + \\
 \quad + 0.92\Delta G_{\text{жс}} - 0.87\Delta G_{oc} + 0.09\Delta G_c; \\
 0.0887 \frac{d\Delta\theta_{n1}}{dt} + \Delta\theta_{n1} = \Delta\theta_1 + 279.91\Delta G_{n1}; \\
 0.0393 \frac{d\Delta\theta_{n2}}{dt} + \Delta\theta_{n2} = \Delta\theta_2 + 288.9\Delta G_{n2}; \\
 0.0489 \frac{d\Delta\theta_{n3}}{dt} + \Delta\theta_{n3} = \Delta\theta_3 + 286.5\Delta G_{n3}; \\
 0.0715 \frac{d\Delta\theta_{n4}}{dt} + \Delta\theta_{n4} = \Delta\theta_4 + 282.3\Delta G_{n4}, \\
 2742 \frac{dc_2}{dt} + \Delta c_2 = 0.83\Delta c_1 + 0.0037\Delta G_{str} - 0.003\Delta G_{otk} - 0.00009\Delta G_j
 \end{array} \right. \quad (1)$$



АВТОМАТИЧНІ ТА АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

де $x = [\Delta\theta_1, \Delta\theta_2, \Delta\theta_3, \Delta\theta_4, \Delta\theta_{n1}, \Delta\theta_{n2}, \Delta\theta_{n3}, \Delta\theta_{n4}]^T$ - вектор параметрів стану, що складається з температур сокостружкової суміші та пари в парових камерах у відповідних зонах апарату;

$u = [\Delta G_{n1}, \Delta G_{n2}, \Delta G_{n3}, \Delta G_{n4}]^T$ - вектор управління, що складається з витрат пари у відповідні зони апарату;

$w = [\Delta\theta_c, \Delta G_c, \Delta G_{dc}, \Delta\theta_b, \Delta\theta_{jc}, \Delta G_b, \Delta G_{jc}]^T$ - вектор збурень, де $\Delta G_c, \Delta G_{dc}, \Delta G_b, \Delta G_{jc}$ - витрати відповідно стружки, дифузійного соку, барометричної та жомопресової води, $\Delta\theta_c, \Delta\theta_b, \Delta\theta_{jc}$ - температури стружки на вході в дифузійний апарат, барометричної води та жомопресової води відповідно;

$y_v = [\Delta\theta_1, \Delta\theta_2, \Delta\theta_3, \Delta\theta_4]^T$ - вектор спостережень, що складається з температур сокостружкової суміші у відповідних зонах апарату.

Модель відділення очистки вважається квазістаціонарною, в моделі враховуються зміни матеріальних потоків.

Для оцінки ефективності функціонування ТК цукрового заводу використовується ряд економічних та техніко-економічних показників таких як собівартість цукру, прибуток, рентабельність, об'єм випускаємої продукції. Автоматизація процесу координації безпосередньо пов'язана зі зміною матеріальних потоків, технологічних режимів, зміною структури системи управління та об'єкта.

Загальна оцінка функціонування технологічного комплексу з системою управління виконується на основі узагальненого економічного показника типу прибутку:

$$\Pi = \int_0^{T_{ze}} \sum_{k=1}^T (B_k C_k - \sum_{e=1}^{\Pi} Z_e) d(t) \quad (2)$$

T_{ze} - 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.

Більш детально структуру системи управління, яка була прийнята для досліджуваного об'єкта, відображено на рис. 2. На нижньому рівні виділені підсистеми (які мають найбільш складні нелінійні зв'язки), необхідні для управління кожної підсистеми ПЛК та ПК з SCADA та на верхньому рівні структуру розробленої системи управління, яка в свою чергу складається з бази даних, куди записуються необхідні дані з кожної підсистеми та прийнятті розробленою системою управлінські рішення, блоків координації та СППР. Блок координації з допомогою відомих математичних моделей за принципом прогнозування знаходить оптимальне рішення для збільшення ефективності функціонування ТК за допомогою пошуку таких значень змінних, при яких прибуток ТК буде максимальним. Вирішення задачі координації має сприяти зменшенню ймовірності відхилень значень технологічних змінних за межі допустимих діапазонів. Блок СППР складається з двох складових.

Блок «дифузійне відділення» приймає рішення, використовуючи методи нечіткої логіки: за допомогою «блоку фазифікації» значення необхідних технологічних змінних перетворюються в нечіткі значення; при спрацюванні відомих правил з «бази правил» приймається відповідні рішення, після чого відбувається агрегація по кожній технологічній змінній; з допомогою «блоку дефазифікації» прийнятті рішення перетворюються у чітку форму і виводяться у зрозумілому для оператора вигляді. Правила для блоку «дифузійне відділення» формуються у форматі «якщо ..., то ...». Приклад правил для технологічної змінної «витрата дифузійного соку»:

- а. ЯКЩО витрата дифузійного соку В НОРМІ
І втрати цукру ВИЩЕ НОРМИ
І якість стружки В НОРМІ,
ТО витрату дифузійного соку НЕОБХІДНО ЗБІЛЬШИТИ.
- б. ЯКЩО витрата дифузійного соку В НОРМІ
І втрати цукру ВИЩЕ НОРМИ
І якість стружки ЗАДОВІЛЬНА,
ТО витрату дифузійного соку НЕОБХІДНО ЗБІЛЬШИТИ.
- в. ЯКЩО витрата дифузійного соку В НОРМІ
І втрати цукру ВИЩЕ НОРМИ
І якість стружки НИЗЬКА,
ТО витрату дифузійного соку НЕОБХІДНО ЗБІЛЬШИТИ.
- г. ЯКЩО витрата дифузійного соку В НОРМІ
І втрати цукру НИЖЧЕ НОРМИ



АВТОМАТИЧНІ ТА АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

І якість стружки В НОРМИ,

ТО витрату дифузійного соку НЕОБХІДНО ЗМЕНШИТИ.

д. ЯКЩО витрата дифузійного соку В НОРМИ

І втрати цукру НИЖЧЕ НОРМИ

І якість стружки ЗАДОВІЛЬНА,

ТО витрату дифузійного соку НЕОБХІДНО ЗМЕНШИТИ.

Блок «випарне відділення» за допомогою порівняння поточної ситуації з ситуаціями в «базі ситуацій» виводить інформацію оператору у разі виникнення нештатної ситуації, присутній в базі.

У випадку автоматичного режиму роботи прийнятті рішення з «блоку координації» та «дифузійного відділення» записуються до бази даних.

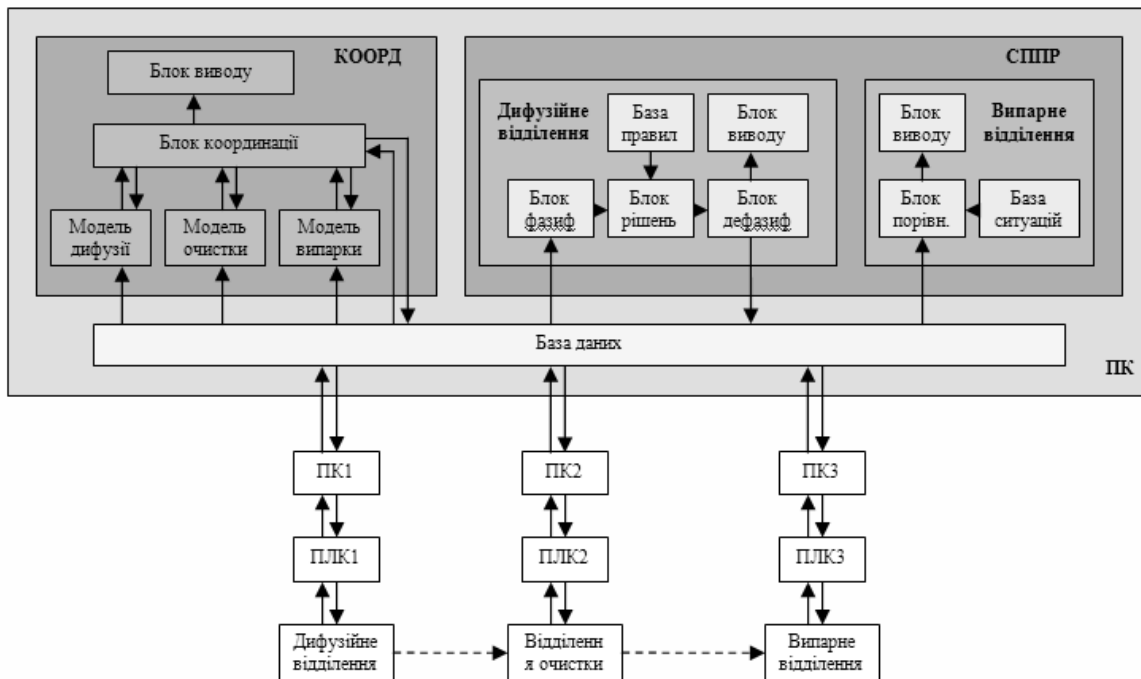


Рис.2. Структура системи управління

Програмне забезпечення розроблено в середовищі MATLAB (рис.3) та складається з двох систем: системи розв'язку задачі координації, та системи підтримки прийняття рішень (СППР) для дифузійного та випарного відділень.



АВТОМАТИЧНІ ТА АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

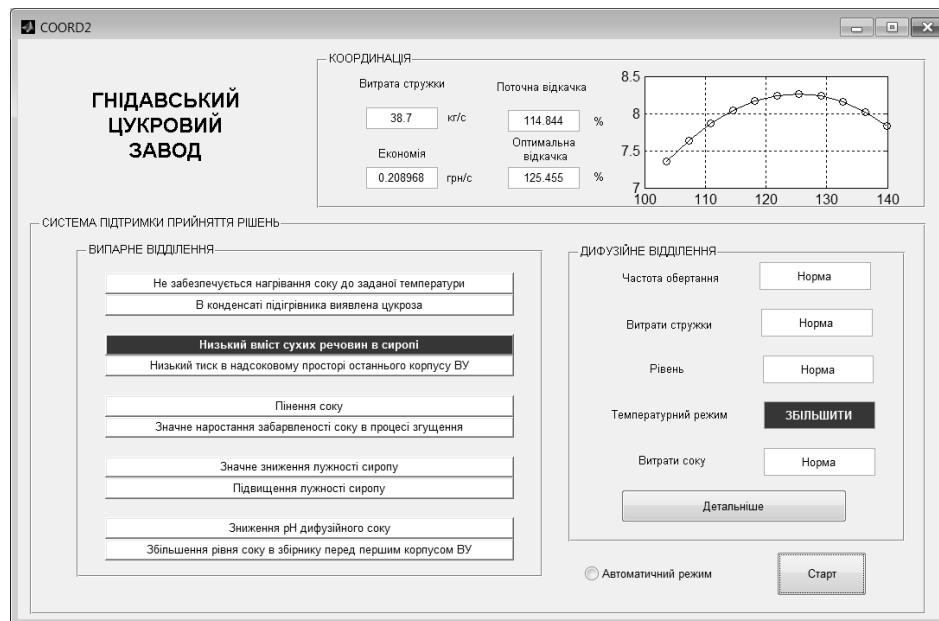


Рис. 3. Головне вікно розробленого програмного забезпечення.

Програма зчитує усі необхідні поточні дані з файлу excel, куди вони записуються автоматично за допомогою встановленої на заводі SCADA програми. Система може працювати в автоматичному та порадчому режимі.

У разі вибору «Автоматичний режим» прийняті системою рішення автоматично записуються до бази даних і через SCADA передаються на ПЛК та на виконавчі механізми.

Програма відображає поточне та рекомендоване значення відкачки, а також економію у разі зміни поточного значення на рекомендоване.

Програма відображає червоним кольором нештатні ситуації, які виникли, та поради (при натисканні на відповідну ситуацію) щодо їх усунення для СППР випарного відділення та поради у нечіткій та чіткій (при натисканні «Детальніше») для СППР дифузійного відділення.

Висновок

Програмне забезпечення запропонованої системи координації підсистем технологічного комплексу цукрового заводу на основі ситуаційного управління може бути інтегроване до вже існуючих АСУТП та дозволяє: оперативно ідентифікувати виробничі ситуації, отримати оцінку поточного стану та ефективності ТК, оператору приймати рішення на основі рекомендацій, запропонованих системою, підвищити ефективність функціонування ТК за рахунок розв'язання задачі координації.

Література

- [1] Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Л. Мако, И. Такаха. - М.: Мир, 1973.- 344 с;
- [2] Системний аналіз складних систем управління: Навч. посіб. / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко та ін. – К: НУХТ., 2013. – 274 с;
- [3] Ladanyuk, A. Situational Coordination of Continuous Technological Complexes Subsystems / A. Ladanyuk , D. Shumygai, R. Boiko // Journal of Automation and Information Sciences - USA.: Beggelhouse, vol. 45, 2013. – 68-74 p.

References

- [1] Mesarovich M. Teorija ierarhicheskikh mnogourovnevnyh sistem / M. Mesarovich, L. Mako, I. Takahara. - M.: Mir, 1973.- 344 s;
- [2] Sistemnij analiz skladnih sistem upravlinnja: Navch. posib. / A.P. Ladanjuk, Ja.V. Smitjuh, L.O. Vlasenko ta in. – K: NUHT., 2013. – 274 s;
- [3] Ladanyuk, A. Situational Coordination of Continuous Technological Complexes Subsystems / A. Ladanyuk , D. Shumygai, R. Boiko // Journal of Automation and Information Sciences - USA.: Beggelhouse, vol. 45, 2013. – 68-74 p.