

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет харчових технологій

На правах рукопису

Іващук В'ячеслав Віталійович

УДК 681.513.675:664.12

Автоматизоване управління складними технологічними об'єктами та
комплексами харчової промисловості з використанням методів оперативної
ідентифікації

Спеціальність: 05.13.07 - Автоматизація технологічних процесів

Автореферат дисертації
на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 2006

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій.

Науковий керівник: доктор технічних наук,
професор Ладанюк Анатолій Петрович,
НУХТ, зав.кафедрою автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих технологій, заслуже-
ний діяч науки і техніки України

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,
професор Корчемний Микола Олександрович,
Національний аграрний університет,
професор каф. Національного аграрного
університету

кандидат технічних наук,
доцент Шевченко Костянтин Леонідович
Київський національний університет технологій
та дизайну, зав. каф. Автоматизації і
комп'ютерних систем

Провідна установа: Національний технічний університет
“Харківський політехнічний інститут”, м.Харків
каф. Автоматизації хіміко-технологічних систем
та екологічного моніторингу

Захист відбудеться “_____”_____2006р.

о _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К26.058.05 Національного
університету харчових технологій за адресою: 01033, м.Київ, вул. Володимирська, 68, ауд.
А-311.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету харчових
технологій за адресою : 01033, м.Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий “_____”_____2006р.

Вчений секретар

Спеціалізованої вченої ради, к.т.н., доцент

В.М. Філоненко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. В технологічних комплексах (ТК) харчової промисловості функціонують технологічні установки та агрегати, в яких відбуваються не лише тепло- та масообмінні процеси, а і складні фізико-хімічні перетворення сировини або напівпродуктів. Реальні технологічні режими цих установок відрізняються від оптимальних, знижується якість продукції, збільшується витрата енергоносіїв. Це призводить до того, що динамічні властивості таких об'єктів керування залежать від багатьох факторів, у тому числі неконтрольованих. Самі об'єкти є нестационарними, нелінійними, функціонують в умовах невизначеності, а системи автоматизації таких об'єктів не забезпечують заданих показників їх роботи в зв'язку з постійно змінюваними динамічними характеристиками. Одним з таких об'єктів є технологічний комплекс очистки дифузійного соку (ТК ОДС), ефективність функціонування якого значною мірою визначає техніко-економічні показники цукрового заводу на протязі виробничого сезону. Урахування механізмів фізико-хімічних перетворень речовини дає можливість значно підвищити ефективність функціонування такого класу об'єктів, що потребує застосування ефективних методів аналізу вхідних та вихідних сигналів, у тому числі статистичних досліджень та вейвлет-перетворень.

Одним з перспективних напрямів підвищення ефективності керування складними об'єктами є використання методів оперативної ідентифікації, які дають можливість в реальному часі забезпечувати отримання та адаптацію адекватних математичних моделей, що використовуються в системі автоматизації. Для відділення очистки дифузійного соку при створенні системи автоматизації повинна розв'язуватись задача відновлення математичної моделі складного механізму фізико-хімічних процесів, що дасть можливість отримати ефективне керування в складних умовах функціонування об'єкта. В умовах існування запізнь в каналах керування, неперервних змін структури та параметрів об'єкта для підвищення ефективності керування ним доцільно використовувати також інтелектуальну підсистему підтримки прийняття рішень.

Таким чином, розробка методів оперативної ідентифікації для системи автоматизації ТК ОДС є актуальною задачею, розв'язання якої потребує проведення комплексу теоретичних та експериментальних досліджень .

Робота виконувалась у відповідності з планами науково-дослідних робіт Національного університету харчових технологій, зокрема держбюджетної теми “Наукові основи створення автоматизованих систем управління для комп'ютерно-інтегрованих виробництв харчової промисловості” (кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій).

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності систем автоматичного керування класом нелінійних динамічних багатомірних технологічних об'єктів за рахунок використання методів оперативної ідентифікації.

Для досягнення цієї мети в роботі поставлені і розв'язані такі завдання:

- системний аналіз ТК сокоочистки як об'єкта автоматизації;
- дослідження та синтез моделей фізико-хімічних перетворень процесу очистки дифузійного соку;
- дослідження та побудова алгоритмів аналізу складних сигналів ТК;
- дослідження та синтез алгоритму ідентифікації міжпараметричних залежностей;
- формування структурних ознак стану ТК ОДС;
- синтез алгоритму класифікації стану ТК;
- розробка комп'ютерно-інтегрованої системи управління ТК;
- перевірка дослідної системи на функціонуючому об'єкті.

Об'єкт дослідження: системи автоматичного керування нелінійними динамічними багатомірними технологічними об'єктами із великою кількістю неконтрольованих збурень.

Предмет досліджень: методи активної та пасивної ідентифікації нелінійних динамічних систем, алгоритми адаптивного керування технологічними об'єктами.

Методи дослідження: теорія і методи статистичного аналізу; методи динамічного аналізу сигналів - для оцінки стану системи; методи статистичної ідентифікації – для формування математичного опису об'єктів дослідження; теорія

автоматичного керування – для реалізації керуючого діяння; чисельні методи – для використання в алгоритмах ідентифікації; імітаційне моделювання – для оцінки ефективності застосованої методики, системний аналіз – для визначення локальних підзадач ТК.

Наукова новизна одержаних результатів:

- розроблено методику оперативної ідентифікації класу об'єктів з фізико-хімічними перетвореннями речовини на основі адаптивної селекції сигналів об'єкта, статистичних оцінок вхідних та вихідних сигналів та їх вейвлет-аналізу;
- отримано комплекс фізико-хімічних залежностей у вигляді нелінійних динамічних моделей, вказано напрям їх можливих варіацій;
- розроблено алгоритм класифікації об'єктів на основі аналізу відокремлених ознак внутрішніх перетворень об'єкта;
- створено функціональну структуру комп'ютерної системи керування з використанням алгоритмів оперативної ідентифікації та урахуванням взаємодії підсистем.

Практичне значення: За результатами проведених досліджень розроблено програмне забезпечення комп'ютерної системи керування ТК ОДС, в технічній структурі якої виконуються процедури ідентифікації та моделювання, що пройшло дослідно-виробничу перевірку на підприємстві ВАТ "Шамраївський цукровий завод". За результатами впровадження отриманий позитивний відгук. Основні результати роботи мають своє впровадження в навчальному процесі Національного університету харчових технологій для студентів спеціальності 8.092502 – «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва».

Особистий внесок здобувача: Основні наукові результати, що викладені в даній роботі, отримані здобувачем особисто. В публікаціях у співавторстві особистий внесок автора полягає в наступному: в [6,4] здійснено постановку завдання по створенню системи ідентифікації, запропоновано структуру системи управління ТК ОДС, в [1,8,11,14] сформовано структурні ознаки щодо стану перетворень в досліджуваному об'єкті, в [6] розроблено математичні моделі, в [4,12,13] здійснено вибір методів та критеріїв оптимізації, в [3,4,5] проведене

опрацювання імітаційного моделювання обраного методу ідентифікації, в [7,10,12] розроблена система визначення стану перетворень в об'єкті, в [1,2,9] розроблений алгоритм синтезу моделі технологічного об'єкта за визначеним станом, в [4,15,17,18] проведено аналіз експериментальних досліджень побудованої [19] комп'ютерно-інтегрованої системи керування, в [16] вказано можливість використання створеної системи оперативної ідентифікації для інших задач керування ТК.

Публікації. По темі дисертації опубліковано 19 друкованих праць, в яких викладено основний зміст виконаних досліджень, з них 6 статей в фахових виданнях, 3 патенти на винахід, 10 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура і об'єм роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, списку літератури з 159 найменувань, 7 додатків. Текст викладено на 206 стор., включаючи 24 рисунків, 4 таблиці та 7 додатків.

Основні положення, що виносяться на захист: результати досліджень властивостей ТК ОДС та процесу його функціонування; алгоритм оперативної ідентифікації; алгоритм адаптивної селекції сигналів; алгоритм синтезу нелінійних моделей визначеної поведінки; комплекс нелінійних динамічних математичних моделей ТК ОДС; функціональна структура мікропроцесорної автоматизованої системи управління ТК ОДС; функціональна структура комп'ютерної системи керування з використанням алгоритмів оперативної ідентифікації та урахуванням взаємодії підсистем..

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ. Показана актуальність роботи з точки зору важливості проблеми оперативного керування ТК ОДС для розвитку цукрового виробництва в Україні; зв'язок роботи з науковими програмами Національного університету харчових технологій. Сформульована мета і задачі досліджень. Визначена наукова новизна та практичне значення одержаних результатів.

Перший розділ присвячено системному аналізу ТК ОДС з точки зору задач автоматизації і постановки задачі досліджень.

Даний технологічний комплекс складається з процесів фізико-хімічної обробки дифузійного соку активними речовинами, фізичної очистки сумішей.

Виходячи з методології системного аналізу, процес ОДС визначено як технологічний комплекс, що являє собою складну фізико-хімічну систему. ТК ОДС (Рис. 1) представлений як комплекс неперервного типу, що характеризується наявністю процесів різної природи, які протікають в складних системах (рідина-тверда маса, газ-рідина). Дрейф режимних параметрів відносно зміни якісного складу середовища (газовміст сатураційного газу, густина вапняного молока) та технологічної якості дифузійного соку призводить до суттєвих змін в якості та кількості кінцевого продукту. Однією з головних технологічних змінних є рН середовища, яка визначає оптимальну витрату потоків речовини та теплоносіїв для отримання максимального ефекту очистки дифузійного соку.

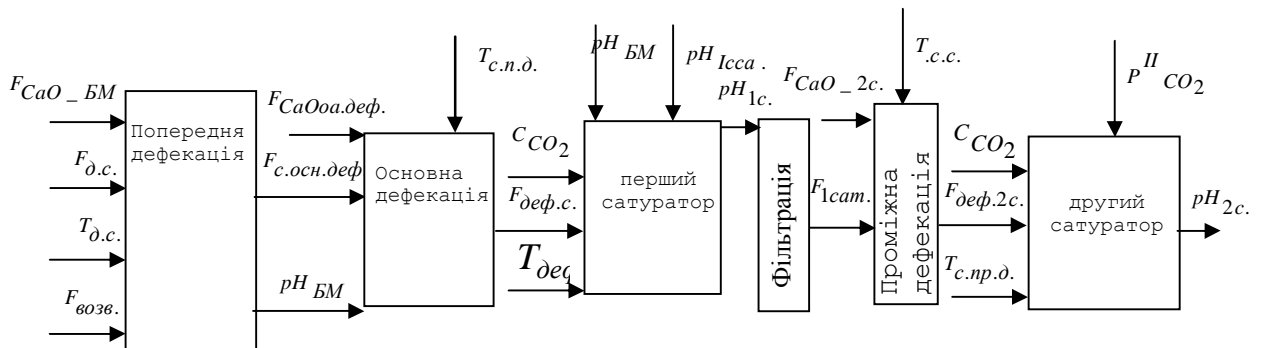


Рис. 1 Параметрична схема ТК ОДС

F_{CaO_BM} - витрата вапняного молока на попередню дефекацію, $F_{д.с.}$ - витрата дифузійного соку на попередню дефекацію, $T_{д.с.}$ - температура дифузійного соку, $F_{возв.}$ - витрата "повернення" на попередню дефекацію, pH_{BM} - рН на попередній дефекації, $F_{с.осн.деф.}$ - витрата соку попередньої дефекації на основну дефекацію, $F_{CaOoa.деф.}$ - витрата вапняного молока на основну дефекацію, $T_{с.н.д.}$ - температура соку попередньої дефекації, $F_{деф.с.}$ - витрата соку основної дефекації на I сатурацію, $T_{деф.с.}$ - температура соку основної дефекації, $pH_{Icca.}$ - тиск сатураційного газу на I сатурації, C_{CO_2} - газовміст сатураційного газу на I сатурації, $pH_{1с.}$ - рН на I сатурації, $F_{CaO_2с.}$ - витрата вапняного молока на проміжну дефекацію перед II сатурацією, $F_{1сат.}$ - витрата соку I сатурації, $T_{с.с.}$ - температура соку I сатурації, $F_{деф.2с.}$ - витрата соку проміжної дефекації на II сатурацію, $T_{с.нр.д.}$ - температура соку проміжної дефекації, $P^{II} CO_2$ - тиск сатураційного газу на II сатурації, $pH_{2с.}$ - рН на II сатурації.

За оцінками фахівців цукрової галузі підвищення ефекту очистки соку на 1% зменшує частку мелясоутворення на 0,09% до маси буряка, що в свою чергу зменшує частку втрат цукру в мелясі, адже кожна частка захоплених кальцієвих солей захоплює з собою в мелясу ~ 1,5% сахарози.

Аналіз існуючих методів керування ТК ОДС підтверджує їх недостатню ефективність. Для ТК ОДС, як складної системи, розв'язання основних задач керування пов'язано з:

- оптимізацією технологічних режимів підсистем комплексу сокоочистки;
- стабілізацією оптимальних технологічних показників локальних підсистем;
- узгодженням роботи підсистем із застосуванням ефективних моделей, отриманих методами оперативної ідентифікації.

Поставлені вимоги для реалізації алгоритму керування за необхідною якістю, забезпечення надійності та живучості створеної системи.

У другому розділі приведені результати досліджень найбільш суттєвих технологічних змінних ТК ОДС, необхідних для розробки методів оперативної ідентифікації.

Основою аналізу є статистичні дослідження сигналів, отриманих за експериментальними даними ВАТ “Бучач-цукор”, ВАТ “Шамраївський цукровий завод”, ВАТ “Лохвицький цукровий завод”, що дозволяють встановити наявність значної динаміки в каналах керування, суттєву інерційність процесів масообміну в системі вапно-сік дефекації та її мінімум в системі газ-рідина, що неодмінно пов'язано з відповідними коефіцієнтами дифузії та масообміну. Перевірка гіпотези про нормальність розподілення параметрів за критеріями Жака-Бера та Колмогорова-Смірнова, з ймовірністю не меншою за 95%, дала позитивний результат для основних змінних процесів ТК ОДС.

Для оцінки ступеню стаціонарності процесів ТК ОДС дослідження проводилось за критерієм Рамачандрана і Ранганатана. Враховуючи те, що для будь-якого досліджуваного параметра не існує двох схожих знаковмінних серій і довжина всіх без виключення серій є значною, приймаючи до уваги аналіз поведінки автокореляційних функцій, можна прийняти гіпотезу про відносну нестаціонарність технологічних змінних об'єкта управління.

В розділі приведено автокореляційні та взаємкореляційні функції, статистичні характеристики сигналів ТК ОДС (математичне сподівання m_x , середньоквадратичне відхилення σ_x , коефіцієнт асиметрії A_x , ексцесу E_x , варіації V_σ , нормальна дисперсія D_x , середнє значення функції нормального інтегрального розподілу $f_x(x)$).

На підставі існуючих методик дослідження перетворень сигналів в об'єкті обгрунтовані вимоги до розробки проєкційних (спектральних) методів відновлення перетворень сигналів в системі керування ТК ОДС. Проведені дослідження спектральних методів представлення перетворень сигналів - швидкого перетворення Фур'є (ШПФ) та сплеск-перетворення вейвлет. За результатами досліджень аналіз вейвлет переважає за частотно-часовою (масштаб-положення) локалізацією та наявністю швидкого алгоритму, який звільнений від використання базисної функції в явному вигляді, що зменшує кількість потрібних розрахунків. Для задач аналізу координатних змін ТК ОДС найпридатнішим виявляється вейвлет Добеші. Дана функція в процесі перевірки підтверджує свою компактність ортогонального представлення, регулярність, асиметрію відповідно до вигляду сигналів замкненої системи управління ТК ОДС, значну кількість моментів, що сходяться, явне представлення базису, що дає можливість використання швидкого алгоритму аналізу.

Для базису Добеші використовуються коефіцієнти масштабуючого рівняння у вигляді:

$$h_n = 2 \int_{-\infty}^{\infty} j(x) \cdot j(2x - n) dx, \quad (1)$$

де n -зсув.

Враховуючи, що носій в базисі Добеші скінченний, для прискорення розрахунку замість $j(x)$ можна користуватися кінцевим набором коефіцієнтів h_n , а функція $j(x)$ цілком визначається $2p$ -періодичним тригонометричним поліномом:

$$m_0(w) = \frac{1}{\sqrt{2}} \sum_N h_n e^{-inw} \quad (2)$$

Значення біноміальних коефіцієнтів C_k^{n-1+k} досліджуваної функції f можна обчислити, користуючись поліномом:

$$P(f) = \sum_{k=0}^{N-1} C_k^{n-1+k} \cdot f^k, \quad (3)$$

де для $P(f)$ обов'язкове виконання залежності:

$$|m_0(w)|^2 = \left(\cos^2 \left(\frac{w}{2} \right) \right)^N \cdot P \left(\sin^2 \left(\frac{w}{2} \right) \right), \quad (4)$$

де N - порядок полінома розкладання, W - частота.

В умовах оцінювання рекурсії вхідного сигналу у вихідному, при дослідженні спектру обох сигналів за одним базисом використано відповідність коефіцієнтів розкладання без відновлення дійсних значень $x(t)$, що спрощує процедуру оцінки перетворень.

Проведено дослідження перехідних процесів ТК ОДС, де поряд із встановленням значення технологічної змінної (температура соку в дефекаторі з поступовим збільшенням його кількості) змінюються частотні характеристики об'єкта. Одержані результати чітко корельовані за часом, що свідчить про незміщеність отриманої оцінки. В роботі наведені приклади частотно-часового аналізу з використанням перетворення вейвлет.

Третій розділ присвячений дослідженню та розробці алгоритмів ідентифікації технологічних об'єктів. Розглядаються проблеми застосування алгоритмів оперативної ідентифікації, вказано на особливості сигналів, що використовуються для отримання статичних та динамічних характеристик досліджуваного перетворення ТК.

Для підвищення достовірності ідентифікації та контролю нештатних ситуацій показана можливість використання інформаційного комплексу суміжних підсистем. Пропонується використання алгоритму робастної ідентифікації, що повинен забезпечити попадання параметрів системи в окіл глобального екстремума, тобто організувати раціональну перебудову моделі та подати початкові умови для пошукового алгоритму параметричної корекції.

Встановлено динамічні обмеження допустимих координатних відхилень, що пов'язані із структурною будовою, заданими граничними умовами для змінних об'єкта:

$$x = A \cdot U; x \in [a; b], \text{var } A \rightarrow \text{var}[U_{\min}; U_{\max}], \quad (5)$$

де U_{\min}, U_{\max} - мінімальні та максимальні межі сигналу керування; A - оператор перетворень моделі процесу; x - досліджувана змінна; a, b - обмеження, що встановлюються відповідно до технологічного регламенту.

Для проведення процедури параметричної ідентифікації до отриманого простору застосовується метод Флетчера-Пауелла з обмеженнями, що за результатами аналізу пошукових методів показав кращі результати оптимізації підсистем ТК ОДС.

Визначені характерні компоненти ознак сигналів ТК ОДС, що приймають участь у відшукуванні “інформативних” ділянок представлення, які характеризують вигляд перетворень в об'єкті. Система ознак повинна:

- визначатись повнотою, тобто досить точно характеризувати детермінований опис $f(\xi, \eta)$ процесу, що досліджується:

$$y = f(\xi, \eta) + h, \quad (6)$$

де ξ – вектор змінних, за якими визначається y ; η – вектор апріорі невідомих коефіцієнтів; h – випадковий процес (перешкода), що характеризує невизначеність поведінки y ;

- бути інваріантною відносно вектору параметрів ξ детермінованої структури процесу і перешкоди, тобто рішення про приналежність певній структурі повинне бути незалежним від значення коефіцієнтів і перешкоди;

- бути інформативною, тобто за ознаки приймаються тільки ті, що суттєво відрізняють вигляд послідовності.

Набір правил, що встановлюють процедуру аналізу послідовних реалізацій процесу утворює граматику, яку можна розглядати лише як модель, яка здатна з достатньою точністю відтворити опис процесу, що отриманий за результатами практичного експерименту. Визначені відповідності ознак функції, що розглядається поряд з відомою будовою ознак статистики.

Розроблена методика аналізу, що заснована на механізмі сегментації неперервного потоку, який визначається набором спектральних параметрів, введенням критерію сегментації та правил прийняття рішень. Критерій сегментації пов'язаний із швидкістю зміни спектра сигналу, а правило прийняття рішення про відповідність – порогове значення цієї швидкості, при перевищенні якого приймається рішення про зміну спектральної лінії та наявність частотних перетворень між вхід-вихідними послідовностями сигналів. Швидкість зміни спектра (параметр сегментуючої функції) обчислюється як сума абсолютних значень похідних N спектрально-смугових параметрів. Напрямок зміни знака похідної визначає максимум чи мінімум швидкості зміни вектора параметрів поліному, відповідно, зміну режиму чи спокій досліджуваного сигналу.

Встановлено вимоги до реалізації системи пам'яті алгоритму, представлено аналіз ознак динамічних перебудов, характерних для ТК ОДС, який визначає гнучкість застосованого алгоритму адаптивної селекції. Досліджуються можливі апроксимації динаміки та нелінійної поведінки залежностей між змінними ТК.

На підставі проведених експериментальних досліджень встановлена неоднозначна залежність значення лужності AL та зміни рН - ∂pH , а саме:

$$\partial pH = A * (1 - e^{-k_{кор} \cdot \frac{AL}{ALM}}) - \partial pH_{он}, \quad (7)$$

де коефіцієнт $k_{кор}$ залежить від характеру взаємодій дифузійного соку та вапна, якості або кількості сахарози в дифузійному соці, $\partial pH_{он}$ - величина зміни рН дифузійного соку, A - параметр, що із врахуванням поведінки даного поліному розраховується, як

$$A = \partial pH_{max} - \partial pH_{он}, \quad (8)$$

де ∂pH_{max} - це максимальна величина зміни рН, яка може бути за даної лужності вапняного соку та якості дифузійного соку, її значення може бути встановлене один раз при калібруванні приладів рН-метрії.

Для реалізації задач узгодження підсистем ТК ОДС отримано комплекс математичних моделей (ММ), що дозволяє врахувати демпфуючі властивості відділень ТК ОДС по відношенню до витрат впродовж всього потоку та динаміку

процесу розчинення вапна, приймаючи до уваги конструкцію та геометричні розміри елементів ТК:

$$V_{n\partial} \cdot k_{n\partial} \cdot \sqrt{\frac{m_{n\partial}}{T_{n\partial} \cdot B_{Ca(OH)_2}}} \cdot dB_{n\partial} = (U_{1B}B_{1C} + U_{BM}B_{BM} + U_{2B}B_{2C} - U_{n\partial}B_{n\partial})dt, \quad (9)$$

де: $V_{n\partial}$ - робочий об'єм попереднього дефекатора, $T_{n\partial}$ - температура суміші на попередньому дефекаторі, $m_{n\partial}$ - динамічна в'язкість суміші на попередньому дефекаторі, $B_{n\partial}$ - вапновміст суміші на попередньому дефекаторі, B_{1C} - вапновміст суміші на 1-й сатурації, B_{2C} - вапновміст суміші на 2-й сатурації, B_{BM} - вапновміст вапняного молока, $U_{n\partial}$ - керування стоку суміші з попередньої дефекації, U_{BM} - керування витратою вапняного молока на попередній дефекатор, U_{2B} - керування витратою суміші “повернення” з 2-ої сатурації, U_{1B} - керування витратою суміші “повернення” з 1-ої сатурації, $k_{n\partial}$ - коригуючий коефіцієнт, $B_{Ca(OH)_2}$ - вапновміст вапняного молока;

$$V_{1C} \cdot k_{1C_{кор}} \cdot \frac{\sqrt{r_p}}{Y \cdot \sqrt{D_{CO_2} \cdot V'} \cdot f_{CO_2}} \cdot dB_{1C} = (U_{c\partial} \cdot B_{c\partial} - m_{CO_2} \cdot B_{1C} - U_{1B} \cdot B_{1C})dt, \quad (10)$$

де: V' - витрата газу на 1-й сатуратор, f_{CO_2} - газовміст діоксиду вуглецю в сатураційному газі, V_{1C} - робочий об'єм 1-го сатуратора, D_{CO_2} - коефіцієнт дифузії діоксиду вуглецю в соці 1-ої сатурації, Y - фактор прискорення абсорбції хімічною реакцією в рідинному середовищі, $k_{1C_{кор}}$ - коригуючий коефіцієнт, m_{CO_2} - швидкість поглинання діоксиду вуглецю сатураційним соком, $U_{c\partial}$ - керування соку дефекації.

Запропоновано алгоритм адаптивної селекції, визначено критерії, що ідентифікують ступінь складності досліджуваних послідовностей. Побудований алгоритм оперативної ідентифікації, що аналізує наслідки реалізації послідовності

$X_i[m, n]$ в спектрі вихідної послідовності $Y_j[m, n]$, визначає реальний час запізнення між відповідними реалізаціями t_i та зміну динаміки функціоналу f_t

$$\frac{dy_i}{dt} \cong f_t \frac{dx_i}{dt}, \quad (11)$$

де dt - величина затримки між розпізнаними реалізаціями y_i, y_{i-1} та x_i, x_{i-1} , з урахуванням попередньо визначеного t_i .

В четвертому розділі на основі представлених алгоритмів розроблено

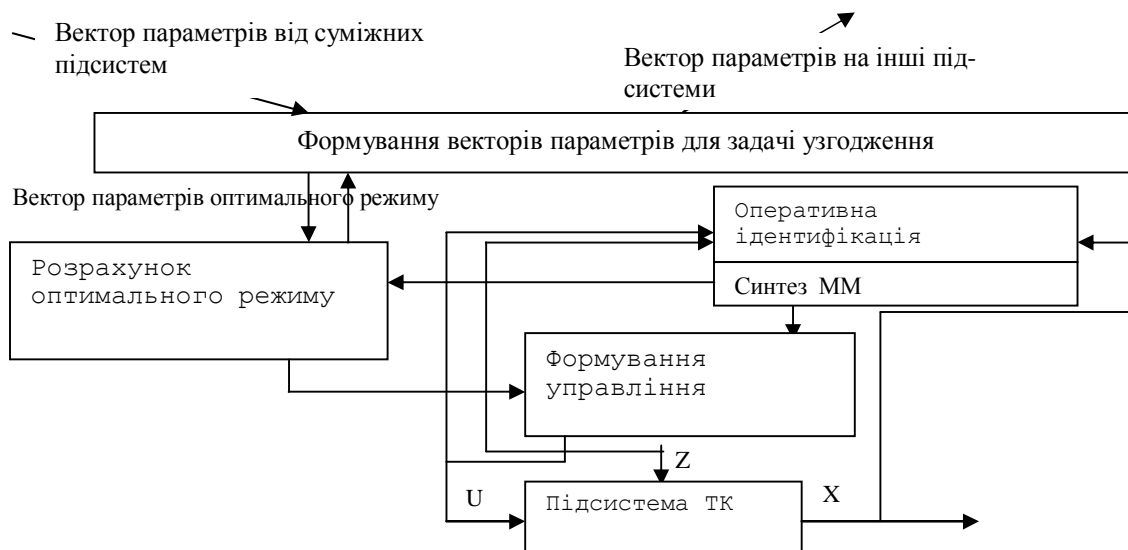


Рис. 2 Функціональна структура системи управління підсистемою ТК:

U- керування підсистемою ТК, Z –збурення, що діють на ТК, X – спостережні координати ТК.

структуру системи управління підсистемою ТК ОДС (Рис. 2).

Визначені вимоги до ефективної роботи алгоритму класифікації станів системи.

Для прикладу реалізації алгоритму ідентифікації використаний процес керування рН на I сатурації.

У визначених моделях взаємодії для ТК ОДС характер включення змінних до нелінійної частини моделі встановлюється за результатами оперативної ідентифікації, а оцінка динамічної частини забезпечує коригування параметрів динаміки моделі.

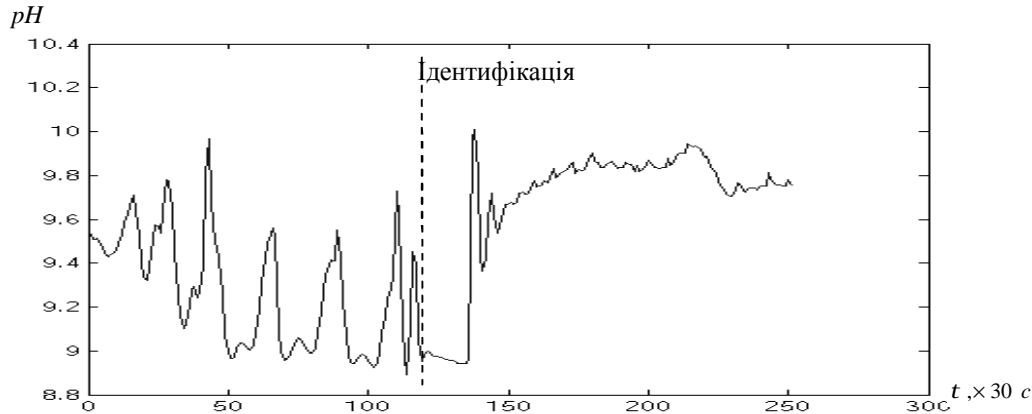


Рис. 3 Зміна pH_{1c} під час роботи із системою ідентифікації

Розроблений алгоритм реалізується на мові Borland Delphi у вигляді прикладної програми верхнього рівня, де додатково влаштований алгоритм перевірки працездатності системи керування. Проведені практичні експерименти (ВАТ Шамраївський цукровий завод) показали, що метод керування нелінійним об'єктом з корекцією по моделі значно скорочує перехідний процес, зменшує статичну та динамічну похибку керування (Рис.3). Підтверджується також працездатність системи керування в умовах промислової експлуатації.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

У дисертації вирішена актуальна науково-прикладна задача підвищення ефективності функціонування одного класу об'єктів, в яких відбуваються складні фізико-хімічні перетворення речовини.

1. За результатами системного аналізу ТК ОДС визначено як складну хіміко-технологічну систему, що характеризується множиною складних фізико-хімічних перетворень речовини. Для автоматизації такого ТК та його підсистем доцільно використовувати математичні моделі, отримані методами оперативної ідентифікації.
2. Розроблено методика та алгоритм аналізу сигналів ТК. За аналізом статистичних характеристик та вейвлет-перетворень основних процесів сокоочистки встановлено характер залежності між технологічними змінними та можливості оптимізації технологічних процесів. Досліджено працездатність та ефективність алгоритму в промислових умовах.

3. Отримано комплекс нелінійних динамічних моделей підсистем ТК, оцінки, діапазон змінювання їх параметрів та структурних перетворень, що використовуються при оперативній ідентифікації.
4. Розроблено алгоритм оцінки нелінійних міжпараметричних залежностей в досліджуваному об'єкті, встановлено умови ефективного застосування для адаптації моделей.
5. Розроблено структуру системи управління ТК, в якій використовуються адаптивні математичні моделі, що дає можливість підвищити якість процесів керування. Для практичного застосування рекомендуються розроблені методи керування одним класом об'єктів та структура керування підсистемою ТК в складі комп'ютерно-інтегрованого виробництва. За напрямком дослідження отримано три патенти України.
6. В експериментальних умовах перевірено ефективність розроблених алгоритмів оперативної ідентифікації в складі системи автоматизації, що підтверджує зменшення відхилень рН від заданого значення та можливість його змінювання відповідно до виробничої ситуації.

Основні результати роботи використовуються в навчальному процесі Національного університету харчових технологій для студентів спеціальності 8.092502 – «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Иващук В.В. Построение эффективных алгоритмов идентификации технологических объектов управления // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. ООО «Научтехиздат», 2001, №10, – с. 68 – 70.
2. Иващук В.В., Ладанюк А.П. Оперативне конструювання структурних описів в задачах управління нелінійними динамічними об'єктами // Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету. – 2004, №14, с. 270 – 276.
3. Ладанюк А.П., Иващук В.В. Використання адаптивної селекції сигналів в задачах оперативної ідентифікації // Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету. – 2004, № 15, – с. 183 – 187.
4. Ладанюк А.П., Иващук В.В. Оперативна ідентифікація складних технологічних об'єктів // Вестник СевГТУ, №57, м. Севастополь, 2004. – с. 28 – 33.

5. Іващук В.В., Ладанюк А.П. Структура системи керування складним об'єктом з використанням математичних моделей // Автоматизація виробничих процесів, – К., 2004, №1, – с. 56 – 58.
6. Іващук В.В., Ладанюк А.П. Автоматичне управління багатомірними технологічними об'єктами з використанням оперативної ідентифікації // Матеріали 7-ої міжнародної науково-технічної конференції, м. Вінниця, 2003, – с. 235 – 238.
7. Пат. 69178 (Україна), МКП G05B13/00. Система ідентифікації моделі із змінною структурою/ Кишенько В.Д., Іващук В.В., Ладанюк А.П. // БВ. 2004. №8.
8. Пат. 69177 (Україна), МКП G06K9/00. Спосіб адаптивної селекції./ Іващук В.В., Ладанюк А.П., Кишенько В.Д. // БВ. 2004. №8.
9. Пат. 71232 (Україна), МКП G06G7/30. Спосіб формування моделі нелінійного об'єкта визначеної поведінки/ Ладанюк А.П., Кишенько В.Д., Іващук В.В. // БВ. 2004. №11.
10. Іващук В.В., Кишенько В.Д. Спектральний аналіз сигналів у задачах управління технологічними об'єктами // Програма і тези доповідей 66-ї студентської наукової конференції, Ч.П – К.: УДУХТ, 2000, – с. 77.
11. Іващук В.В., Кишенько В.Д. Формування структурних ознак образів сигналів у задачах ідентифікації // Програма і матеріали Міжнародної наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів, Ч.П – К.: НУХТ, 2002, – с.116.
12. Іващук В.В., Ладанюк А.П. Побудова інтелектуальних систем ідентифікації технологічних об'єктів // Програма і матеріали 69-ої наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів, Ч.П – К.:НУХТ, 2003, – с. 127.
13. Іващук В.В., Ладанюк А.П. Оперативна ідентифікація складних об'єктів управління // Тези доповідей 7-ої міжнародної науково-технічної конференції, м.Вінниця, 2003, – с. 228.
14. Іващук В.В., Ладанюк А.П. Пошук симетричних інваріант в задачах ідентифікації технологічних процесів // Програма і матеріали 70-ої наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів, Ч.П – К.: НУХТ, 2004, – с.116.

15. Ладанюк А.П., Іващук В.В. Оперативна ідентифікація складних об'єктів управління // Матеріали 10-й міжнародної конференції по автоматическому управлению «Автоматика-2003», г. Севастополь, 2003, – с. 152 – 153.
16. Іващук В.В., Ладанюк А.П. Оперативна ідентифікація в задачах підтримки прийняття рішень // Тези доповідей учасників міжнародної науково-практичної конференції, м.Чернівці, 2004р., – с. 17 – 18.
17. Іващук В.В., Ладанюк А.П. Використання керуючих впливів системи для оперативної ідентифікації складних об'єктів // Матеріали 11-й міжнародної конференції по автоматическому управлению «Автоматика-2004», г. Киев, 2004, – с.68.
18. Ладанюк А.П., Іващук В.В. Ідентифікація нелінійної динаміки технологічних об'єктів // Матеріали 12-й міжнародної конференції з автоматичного управління «Автоматика-2005», м. Харків, 2005, – с. 112.
19. Іващук В.В., Ладанюк А.П. Оперативна ідентифікація відділення сатурації // Програма і матеріали 71-ої наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів, Ч.ІІ – К.: НУХТ, 2005, – с.117.

Іващук В.В. Автоматизоване управління складними технологічними об'єктами з використанням методів оперативної ідентифікації. - Рукопис.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 - автоматизація технологічних процесів. - Національний університет харчових технологій, Київ, 2006.

В дисертації технологічний комплекс очистки дифузійного соку (ТК ОДС) представлений як комплекс безперервного типу з наявністю процесів різної природи, які відбуваються в складних системах. Дрейф параметрів технологічного режиму відносно зміни якісного складу середовища призводить до істотних змін як кінцевий продукт.

Для реалізації задач керування ТК ОДС отриманий комплекс нелінійних динамічних моделей на основі результатів статистичних експериментів і теоретич-

них досліджень, що являють собою залежності основних технологічних змінних ТК ОДС.

Кращі результати при оперативному визначенні стану підсистем ТК ОДС дають методи, засновані на оцінці спектральних характеристик сигналів в технологічній системі. Проведене імітаційне моделювання яке підтвердило перевагу використання алгоритму вейвлет-перетворення для оцінки стану сигналів, що досліджуються.

Для реалізації методу ідентифікації розроблений алгоритм селекції сигналів на основі вейвлет-перетворення, розроблений метод оцінки характеристик залежності, що спостерігається, алгоритм побудови нелінійних моделей певної поведінки, переваги яких підтверджуються результатами імітаційного моделювання.

На базі поетапної процедури оперативної ідентифікації розроблена система самонастройки регулятора і здійснена його програмна реалізація, як програмний додаток системи керування верхнього рівня, які підтвердили свою працездатність і ефективність в промислових умовах.

Ключові слова: технологічний комплекс, математичне моделювання, оперативна ідентифікація, вейвлет-перетворення, автоматизоване управління.

Иващук В.В. Автоматизированное управление сложными технологическими объектами с использованием методов оперативной идентификации. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 - автоматизация технологических процессов. - Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2006.

Диссертация посвящена вопросам разработки систем автоматического управления технологическим комплексом очистки диффузионного сока (ТК ОДС) в сахарном производстве.

ТК ОДС представлен как комплекс непрерывного типа с наличием процессов различной природы, которые происходят в сложных системах (жидкость-твердая масса, газ-жидкость). Дрейф параметров технологического режима относительно изменения качественного состава среды приводит к существенным изменениям в качестве конечного продукта. С точки зрения задач

управления ТК ОДС относится к сложным химико-технологическим системами характеризуется большой размерностью векторов координат состояний, выходных параметров и возмущений.

При создании системы управления определены такие три взаимосвязанные задачи как: оптимизация технологических режимов ТК ОДС, стабилизация оптимальных технологических показателей локальных подсистем, согласование работы подсистем ТК ОДС.

Анализ результатов исследований показал, что задача управления ТК ОДС не может быть сведена к квазистатической, а её линеаризация приводит к ошибкам координации системы управления ТК. Критерием управления ТК ОДС выбрана эффективность очистки сока, которая вводится в зависимость от технологических переменных процесса, максимально учитывая все стороны управления качеством, минимизацией затрат производства. Определены также ограничения на координаты состояния подсистем задачи оптимизации в виде неравенств.

Для реализации задач управления ТК ОДС на основе результатов статистических экспериментов и теоретических исследований получен комплекс нелинейных динамических моделей.

Проведенный анализ методов идентификации показал, что лучшие результаты при оперативном определении состояния подсистем ТК ОДС дают методы, основанные на оценке спектральных характеристик сигналов в технологической системе, которые позволяют получить достаточную информацию о статических и динамических характеристиках исследуемых зависимостей. Имитационное моделирование подтвердило преимущество использования алгоритма вейвлет-преобразования для оценки состояния исследуемых сигналов.

Для реализации метода идентификации на основе вейвлет-преобразования разработаны: алгоритм селекции сигналов, метод оценки характеристик наблюдаемых зависимостей, а также алгоритм построения нелинейных моделей определенного поведения. Проведено имитационное моделирование метода оценки характеристик наблюдаемых зависимостей тестовых объектов, которое показало преимущества использования данного алгоритма, отличающие его от других большей тонкостью полученных оценок.

В данном случае задача согласования заключается в прогнозировании значений переменных технологического потока, что связано с тем, что нагрузку процессам дефекации и сатурации сока приходится определять в потоке с процессом промежуточной фильтрации, который является периодическим.

На базе поэтапной процедуры оперативной идентификации разработана система самонастройки регулятора рН и осуществлена его программная реализация, которая в промышленных условиях подтвердила свою работоспособность и эффективность.

Ключевые слова: дефекация, сатурация, очистка сока, технологический комплекс, математическое моделирование, оперативная идентификация, вейвлет-преобразование, автоматизированное управление.

Ivaschuk V.V. Automated management by complicated technological objects with use of methods of efficient authentication. - Manuscript.

Dissertation for a candidate degree of technical science by speciality 05.13.07 – automatization of technological processes. – Ukrainian State University of food technologies, Kyiv, 2006.

Dissertation sacred to systems elaboration questions of automatic management by technological complex of clearance of diffusive juice (TC CDJ) in sugar production.

TC CDJ represented as complex of continuous type with processes presence of diverse nature, which occur in complicated systems (liquid-hard mass, gas-liquid). A parameters drift of technological regime in relation to change of qualitative environment composition brings to essential changes in quality of final product. With point of management tasks of control TC CDJ apply to complicated chemical-engineering systems characterizes by big coordinates of vectors dimension, outgoing parameters and perturbation actions.

Attached to creation of management system are definite such three associated tasks as: optimization of technological regimes TC CDJ, stabilization of optimum technological variables of local subsystems, TC CDJ subsystems work concordantion.

A researches results analysis showed, that a management task TC CDJ couldn't be to quasi-ststic order, and its linearized estimate brings to mistakes management system coordinations of TC.

For management tasks realization TC CDJ on base of results of statistic experiments and theoretical researches is got a complex of unlinear dynamic models.

A carried authentication methods analysis showed, that the better results attached to efficient subsystem fortune determination TC CDJ give the methods, founded on estimation of spectral signals descriptions in technological system, which allow to obtain sufficient information of static and dynamic descriptions of explored dependences. A simulation modeling bore out wavelet-transformation algorithm use advantage for estimation of fortune of explored signals.

For authentication method realization on base the wavelet-transformations worked up: signals selection algorithm, descriptions estimation method of observed dependences, and also construction algorithm of unlinear models of definite conduct. Is carried a simulation descriptions estimation method modeling of observed dependences of test objects, which showed the use advantages of given algorithm, distinguishing its from other greater accuracy got estimations.

On the basis of step-by-step procedure of efficient authentication is worked up a self-adjusting system of regulator pH and realizable its program realization, confirmation its capacity and effectiveness which in industrial conditions.

Key words: defecation, carbonation, juice clearance, technological complex, mathematical modeling, efficient authentication, wavelet-transformation, automated management.