

## СЕКЦІЯ 3

# КЕРУВАННЯ ТЕХНІЧНИМИ, ТЕХНОЛОГІЧНИМИ, БІОТЕХНІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

УДК 681.5.013: 664.12

**В. М. Сідлецький**, к.т.н., доцент, Національний університет харчових технологій  
доцент кафедри інтегрованих автоматизованих систем управління

**А.П. Ладанюк**, д.т.н., проф., Національний університет харчових технологій  
завідувач кафедри автоматизації та інтелектуальних систем керування, заслужений діяч науки і  
техніки України

## СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ДІЛЯНКОЮ СОКООЧИСТКИ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ТЕНЗОРНОГО АНАЛІЗУ

**Анотація.** Для сучасних систем керування промисловими підприємствами характерним є інтеграційний підхід, тобто об'єднання підсистем керування локальних технологічних ділянок в єдину виробничу інформаційну управляючу систему. Для вирішення задач керування в таких системах автоматизації, як правило необхідні математичні моделі і тому ефективність системи керування буде залежати від адекватності моделі, саме тому пропонується використовувати в системах автоматизації методи тензорного аналізу для розробки тензорних моделей та їх використанні при формуванні управляючого діяння. В роботі наводиться приклад використання даного підходу для ділянки цукрового заводу.

**Ключові слова:** сокоочистка, дефекосатурація, тензор, модель, система керування.

До однієї із основних стадій виробництва цукру входить ділянка дефекосатурації – стадія очищення дифузійного соку вапном та діоксидом вуглецю від нецукрів (сокоочисне відділення). Для вибору способу керування та налаштування регуляторів для ділянки дефекосатурації, потрібне чітке розуміння технологічного процесу, його фізико-хімічні складові, час його проходження, інерційність, транспортне запізнення процесу. Саме тому в процесі управління широко використовується моделювання, як технологічного процесу так і системи керування. Використання моделей вносить розуміння причини наслідкових зв'язків, та полегшує вибір підходів управління. На даний час для моделювання широко використовують методи диференціальних та алгебраїчних рівнянь, але для інтегрованої системи керування, розроблена модель повинна враховувати не тільки всі вхідні та вихідні параметри технологічного процесу, а й мати можливість структурної зміни (тобто мати можливість включення або виключення із моделі окремих елементів, які пов'язані із роботою окремих технологічних апаратів); можливість реагувати на зміну діапазону управляючих діянь; враховувати попередні технологічні процеси та мати здатність інтегруватись у наступні моделі або розрахунки управляючих дій. Тобто розроблена модель процесу очистки дифузійного соку та управління цього цим процесом повинна враховувати всі можливі варіанти роботи, та надати Саме тому, для систем керування процесом дефекосатурації, потрібно не просто задати предметну область у вигляді моделі для прогнозування наслідків при нанесенні управляючих дій, а потрібно використати її для побудови причини наслідкового зв'язку між вхідними та вихідними параметрами наскрізно через всю багаторівневу систему з урахуванням роботи всіх суміжних підсистем. Саме тому в даній роботі запропоновано використати методи тензорного аналізу для моделювання як технологічного процесу так і системи управління. Дана (тензорна) модель дозволить об'єднати всі параметри та показники процесу у вигляді багатомірного простору, а методи тензорного аналізу дозволять використати потужний математичний апарат для її обробки. Тензорний аналіз дозволяє спростити процес моделювання практично для будь-якої області за рахунок введення категорії багатовимірного простору.

Різні варіанти обробки дифузійного соку на станції дефекосатурації передбачають зміну роботи технологічного обладнання, як введення в роботу апаратів, так і виключення їх із роботи (наприклад: робота із основною дефекацією та без неї; із повернення соку 1-ї сатурації на переддефекацію також можлива робота без повернення соку на переддефекацію, або використання комбінованої холодно – гарячої дефекації), а також можливу зміну параметрів технологічного режиму в регламентних межах. Тобто в залежності від якості перероблюваного буряка технологічний процес (кількість та послідовність працюючого обладнання) та технологічний режим будуть підбиратись для досягнення показників якості дифузійного соку на виході ділянки дефекосатурації, а також техніко-економічних показників всього підприємства, будуть накладені обмеження по використанню ресурсів та часу проходження технологічного процесу. Зміни в технологічному процесі накладають вимоги до системи управління сокоочисного відділення. Це пов'язано насамперед із тим, що при зміні роботи технологічного обладнання потрібно і змінювати задані значення для регуляторів (як наслідок можуть виникнути затяжні перехідні процеси) так і змінювати налаштування самих регуляторів: пропорційну, інтегральну та диференціальну складові. Але при цьому необхідно зауважити, що при зміні ведення технологічного процесу самі підходи до управління можуть також змінитись.

Тобто для процесу очистки дифузійного соку характерна значна варіативність, але наведена варіативність відносилась до технологічного процесу, така ж ситуація і є по відношенню до системи управління. Наприклад, регулювання подачі вапна на переддефекатор може відбуватись трьома способами: 1) по значенню рН переддефекованого соку на виході із апарату, 2) по співвідношенню дифузійний сік/вапняне молоко, 3) по співвідношенню дифузійний сік/вапняне молоко і коригуванням по значенню рН переддефекованого соку. В свою чергу контури системи управління основною дефекацією можуть регулювати подачу вапна в апарат по таким трьом підходам: 1) постійно у часі, незалежно від кількості перероблених буряків та якості дифузійного соку, 2) в залежності від якості дифузійного соку, 3) за витратою дифузійного соку.

Для початку приймаємо, що завжди присутній початковий та кінцевий стан технологічного процесу, наприклад, після проходження технологічного процесу змінились показники системи (середовища). Також є початковий та кінцевий стан в роботі системи керування, яка формує управляюче діяння для переходу з одного усталеного режиму в інший, для зміни стану параметра (стану обладнання – вкл./викл.) або для утримання системи в заданому режимі. Це може бути періодична робота апарату, введення в роботу чи виведення технологічної лінії з роботи, збій роботи обладнання або зміна режиму роботи теплообмінного апарату. В загальному приймаємо, що при управлінні параметрами технологічного процесу (керування апаратами, ділянками, технологічними лініями або підприємства в цілому) кожний керований процес в будь який момент може переходити (вимагає переходу) з одного поточного стану в інший. Тобто не важливо чи це буде модернізація (розрахунок необхідного обладнання або розрахунок методів масштабування системи), управління технологічним процесом або технологічним апаратом задача управління в нас буде полягати в тому щоб перейти з однієї точки (поточного стану) в задану.

Початкова точка вектору – це вхідні параметри, кінцева точка – це вихідні параметри, тобто це числові значення вхідних, вихідних змінних, тобто це координати вектора, але ці координати (тобто числа) самі по собі не мають ніякого сенсу і їх потрібно використовувати тільки з відповідними базовими векторами, що будуть утворювати систему координат простору технологічного процесу. При цьому розмірність технологічного простору буде залежати від кількості змінних на вході і виході. Координатні осі вибираються, як абсолютна система координат, що відповідатиме розмірності простору процесу пастеризації. Тобто кількість осей буде відповідатиме кількості параметрів. При цьому всі базисні осі повинні бути взаємно перпендикулярні (ортогональні) та мати однакові розмірності і рівні одиничної міри (ортонормовані). Як зазначено в постановці завдання потрібно не просто побудувати модель, в даному випадку тензор, а вміти адаптувати її в залежності від виду технологічного процесу, тобто кількості в роботі апаратів, та їх послідовності в процесі, або зміни структури системи керування об'єктом. Наприклад змінюються технологічні процеси для переддефекатора (змінюється відсоткове співвідношення подачі вапняного молока на переддефекатор), а також для апарату другої сатурації (ввели подачу вапнякового молока в апарат). Перевага тензорного аналізу в тому, що тензор розраховується тільки один раз, далі компоненти тензора перераховуються в залежності від вибраного базису.