

Ключевые слова: *биоэнергетический резонанс, предпосевную обработку семян сельскохозяйственных культур, постоянное магнитное поле, переменное магнитное поле, продольная и поперечная релаксации*

MODEL BIOENERGETIC RESONANCE AT PREPLANTING SOIL SEED CROPS

A. G. Kushnirenko

Abstract: *Research dedicated studied the behavior of magnetization vector synthesis in seed crops by the action of his regular longitudinal and transverse alternating magnetic fields for nuclear magnetic resonance technique.*

On the basis of theoretical studies determined the average value of the magnetic susceptibility χ seeds per unit volume and the value of the magnetization vector. A mathematical model for biological systems, taking into account the Earth's magnetic field. Established that the technology for preplant soil seed crops, inductor, which forms a permanent magnetic field should be placed so that the vector of the constant magnetic field vector coincided with the inductor magnetic field of the Earth.

Keywords: *bioenergetic resonance, pre-seed crop cultivation, constant magnetic field, alternating magnetic field, the longitudinal and transverse relaxation*

УДК 004.021:664.1

УПРАВЛІННЯ ДІЛЯНКОЮ ПЕРШОЇ САТУРАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ТЕНЗОРНОГО АНАЛІЗУ

В. М. СІДЛЕЦЬКИЙ, кандидат технічних наук, доцент

Є. О. КАДУРА, студент*

Національний університет харчових технологій

E-mail: vmsidletskiy@gmail.com

Анотація. *Складність задачі управління подачею вапнякового молока та сатураційного газу на ділянку апаратів першої сатурації з'являється вже на етапі формування підходу до регулювання, крім цього, додатково потрібно врахувати множину можливих варіантів підтримання співвідношення. Це пояснює необхідність застосування моделей за формування управляючих діянь, а також перевірку уже сформованих діянь. При цьому модель повинна передбачати можли-*

* Науковий керівник – кандидат технічних наук, доцент В.М. Сідлецький

© В. М. Сідлецький, Є. О. Кадура, 2017

вість як структурної зміни (за зміни підходів до управління), так і адаптації за коригування технологічного режиму. Саме тому вибір тензорного аналізу до моделювання процесів на ділянці апаратів першої сатурації є найбільш доцільним.

В даній статті наведений приклад використання тензорного аналізу в автоматизованій системі управління апаратами ділянки першої сатурації. Наведена постановка задачі, для вирішення якої необхідне моделювання і використання тензорного аналізу за розробки моделі.

Показано розробку тензора для технологічного процесу та процесу управління, що дозволяє адаптувати кожен окрему модель апарату, а потім їх об'єднання в єдину модель технологічної ділянки, Також наведений підхід використання тензорної моделі для системи управління.

Ключові слова: *дефекація, сатурація, система управління, тензор, базис, тензорне множення*

Актуальність. До однієї із основних стадій виробництва цукру входить ділянка першої сатурації (рис.1) – стадія очищення дифузійного соку вапном та діоксидом вуглецю від нецукрів (сокоочисне відділення) [1]. Схема очищення дифузійного соку на ділянці першої сатурації складається з наступних основних операцій: попередня дефекація (переддефекація); основна дефекація; апарат першої сатурації. Це універсальна схема, в якій передбачена можливість очищення дифузійного соку різними варіантами, що обираються в залежності від якості перероблюваного буряка, тобто якості дифузійного соку.

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 табл. 1. 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 апарату першої сатурації, а також техніко-економічних показників всього підприємства, будуть накладені обмеження з використання ресурсів та часу проходження технологічного процесу.

Зміни в технологічному процесі також висувають вимоги до системи управління даної ділянки. Це пов'язано насамперед із тим, що за зміни роботи технологічного обладнання потрібно змінювати як задані значення для регуляторів (як наслідок можуть виникнути затяжні перехідні процеси), так і налаштування самих регуляторів: пропорційну, інтегральну та диференціальну складові. Але при цьому необхідно

зауважити, що у разі зміни ведення технологічного процесу самі підходи до управління можуть також змінитись.

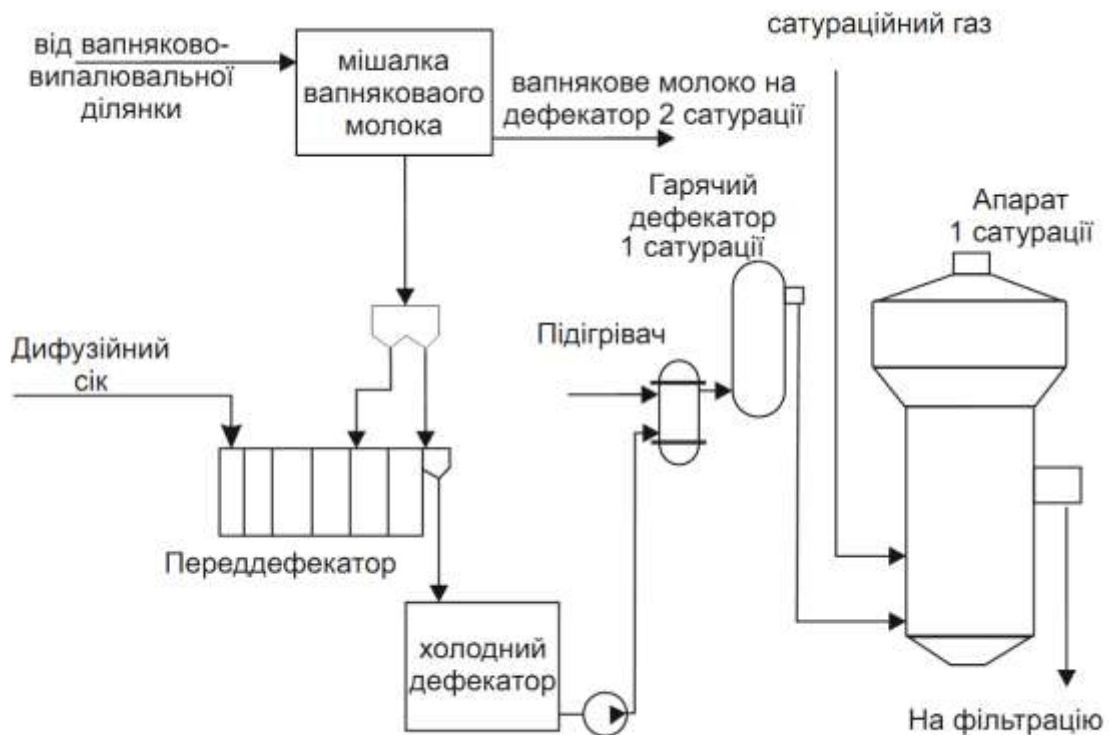


Рис 1. Спрощена схема технологічної ділянки 1 сатурації

1. Параметри технологічного режиму ділянки 1 сатурації

	Перед-дефе-кація	Холодна дефе-кація	Гаряча дефе-кація	1 сату-рація
Температура процесу, °C:	40-50	40-50	90	80-85
Тривалість процесу, хв.:	20-30	20,0-30,0	5,0-10,0	10,0
Витрата вапна, % CaO до маси буряка:	0,2-0,3	1,0-1,8	0,5-0,7	
Лужність соку, визначена за допомогою фенолфталеїну, % CaO:		0,8-1,2	0,8-1,2	0,09-0,11
pH ₂₀ соку:	11,0-11,2			11 ± 0,2
Вміст CO ₂ в сатураційному газі, не менше, %:				28

Тобто для процесу очистки дифузійного соку характерна значна варіативність, але наведена варіативність стосувалась технологічного процесу, така ж ситуація є і по відношенню до системи управління. Наприклад, регулювання подачі вапна на переддефекатор може відбуватись трьома способами: 1) за значенням рН преддефекованого

соку на виході із апарату, 2) за співвідношенням дифузного соку і вапняного молока, 3) за співвідношенням дифузного соку довапняного молока і коригуванням щодо значення рН переддефекованого соку.

В свою чергу, контури системи управління основною дефекацією можуть регулювати подачу вапна в апарат за такими трьома підходами: 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 першої сатурації також характерні три підходи до керування, найбільшого поширення набула схема управління подачі сатураційного газу за відхиленням величини рН на виході із сатуратора, але кращі показники регулювання, коли сатураційний газ подається за співвідношенням кількості дифузійного соку до кількості газу із корекцією щодо рН на виході та за вмістом CO_2 в сатураційному газі.

Для вибору способу керування та налаштування регуляторів потрібне чітке розуміння технологічного процесу: фізико-хімічні складові, час його проходження, інерційність, транспортне запізнення процесу. Саме тому в процесі аналізу широко використовується моделювання як технологічного процесу, так і процесів керування. Використання моделей вносить розуміння причинно-наслідкових зв'язків та полегшує вибір підходів управління. На даний час для моделювання широко використовують методи диференціальних та алгебраїчних рівнянь, але, як зазначено вище, розроблена модель повинна враховувати: всі вхідні та вихідні параметри технологічного процесу; 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 цим процесом повинна враховувати всі можливі варіанти роботи та надавати можливість проведення їх аналізу і вирішення.

Саме тому в даній роботі запропоновано використати методи тензорного аналізу для розробки компонентів моделі та виконання розрахунків в системі управління процесом очистки дифузійного соку. Тензорний аналіз дозволяє спростити процес моделювання практично для будь-якої області за рахунок введення категорії багатовимірного простору. Розроблена тензорна модель дозволяє описувати всі задачі незалежно від їх складності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тензор узагальнює поняття скаляра, вектора і матриці. При цьому правила перетворення компонент тензора влаштовані так, що ми можемо конструювати нові тензори з наявних за деякими простими правилами.

Тензорний аналіз представляє собою узагальнення понять з векторного аналізу і дозволяє об'єднати масиви даних та фізичні величин складної природи, які не можуть бути описані або представлені у вигляді

скалярів або векторів [2]. Тому, використання тензорного методу для побудови моделі виробничого процесу є найбільш виправданим.

Тензорний аналіз та тензорне розкладання застосовуються для розробки нейронних мереж, проектування систем штучного зору, обробки сигналів, обробки та аналізу даних [3].

Насамперед, тензор – це математичний об'єкт, який не залежить від зміни системи координат, але його компоненти у разі зміни системи координат перетворюються за певними математичними законами. Із тензором тісно пов'язаний його ранг і він може бути нульового, першого, другого і так далі, рангу. Тензор нульового рангу – це скаляр, який є наслідком прямого вимірювання параметра, наприклад, температури, густини, витрати. тиску і ін. Більш складні вимірювання, наприклад, спектроскопія дозволяє отримати комплекс параметрів, який можна задати у вигляді вектора – це тензор першого рангу. У двовимірному просторі тензор другого рангу найпростіше уявити як матрицю, яка описує неоднорідність заданого простору та діє на вхідний вектор, змінюючи його напрям і масштаб. Як правило, для аналізу комплексних даних n -го порядку формується тензор n -го рангу, який використовується для моделювання функцій великого числа змінних.

Теорія тензорного аналізу дозволяє спростити моделювання законів практично для будь-якої області за рахунок введення категорії багатовимірному простору, вона дозволяє описувати всі поверхні незалежно від їх складності. Тензорний аналіз та тензорне розкладання застосовуються у багатьох областях, наприклад: нейронні мережі, проектування систем штучного зору, обробки сигналів та обробки і аналізу даних. Тензорний аналіз представляє собою узагальнення понять з векторного аналізу та дозволяє об'єднати масиви даних та фізичні величин складної природи, які не можуть, бути описані або представлені у вигляді скалярів або векторів. Тому, використання тензорного методу для побудови моделі виробничого процесу є найбільш виправданим.

Для роботи із тензорами широко використовуються програмні пакети для ЕОМ. Наприклад, для MATLAB розроблені спеціалізовані програми Tensor Toolbox, TDALAB Laboratory [4, 5]. Вони дозволяють вирішувати завдання представлення та обробку даних у вигляді тензорів. Дані програмні пакети застосовуються для обробки сигналів, систем контролю, нейронних мереж, нечіткої логіки, статистичної обробки та моделювання.

Мета дослідження. Різні варіанти обробки дифузійного соку на станції дефекосатурації передбачають зміну роботи технологічного обладнання як введенням в роботу апаратів, так і виключенням 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 дефекоатурації, а також техніко-економічних показників всього підприємства, будуть накладені обмеження з використання ресурсів та часу проходження технологічного процесу.

Локальні контури управління апаратами ділянки інтегровані в автоматизовану систему управління всього процесу дефекоатурації, а та, в свою чергу, інтегрується до інших ділянок підприємства і всі разом формують автоматизовану систему управління підприємством. Система управління сокоочисного відділення включатиме в себе традиційні локальні контури управління параметрами та додаткові модулі, в яких будуть формуватись управляючі дії, що слугуватимуть завданням для ведення технологічного режиму, тобто завданням для локальних контурів управління.

Зміни в технологічному процесі формують вимоги до системи управління сокоочисного відділення. Це пов'язано, насамперед, із тим, що у разі зміни роботи технологічного обладнання потрібно змінювати як 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 у разі зміни 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) за значенням рН переддефекованого соку на виході із апарату, 2) за співвідношенням «дифузійний сік/вапняне молоко», 3) за співвідношенням «дифузійний сік/вапняне молоко» і коригуванням за значенням рН переддефекованого соку.

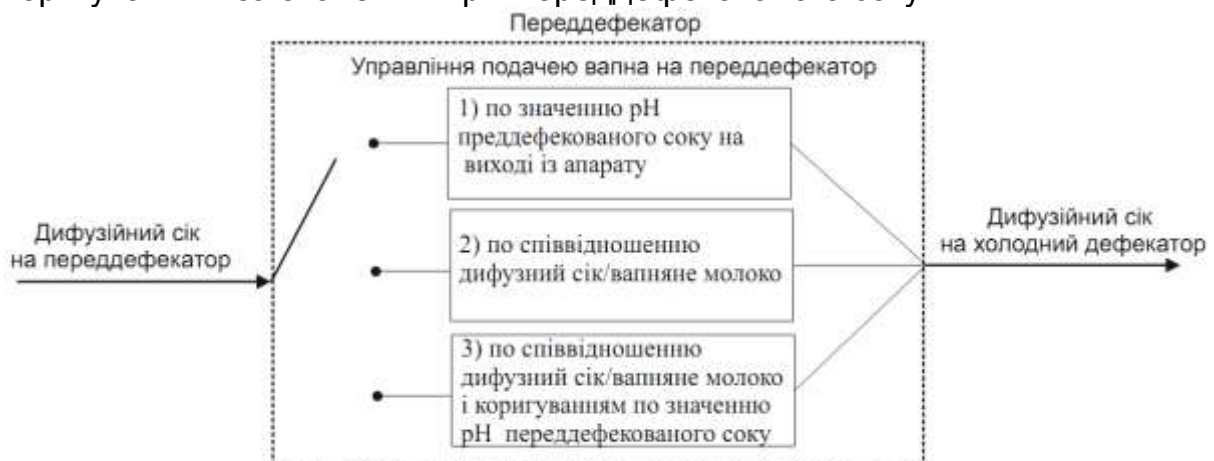


Рис 2. Вибір регулювання подачі вапна на переддефекатор

В свою чергу, контури системи управління основною дефекацією можуть регулювати подачу вапна в апарат за такими трьома підходами:

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.



Рис 3. Вибір регулювання подачі вапна на основну дефекацію

Для першої сатурації також характерні три підходи до керування. Найбільшого поширення набула схема управління подачі сатураційного газу у разі відхилення величини рН на виході із сатуратора, але кращі показники регулювання, коли сатураційний газ подається за співвідношення кількості дифузійного соку до кількості газу із корекцією за рН на виході та за вмістом CO_2 в сатураційному газі.



Рис 4. Вибір регулювання подачі сатураційного газу в 1 сатуратор

Виходячи із рис 2-4, можна стверджувати, що складність задачі управління подачею вапнякового молока та сатураційного газу на ділянці апаратів 1 сатурації з'являється вже на етапі формування підходу до регулювання, а якщо при цьому ще і врахувати множину можливих варіантів підтримання співвідношення, то можна із впевненістю судити про необхідність застосування моделей за формування управляючих

діянь та перевірки процесу управління. Також модель повинна передбачати можливість як структурної зміни (за зміни підходів до управління), так і адаптації за коригування технологічного режиму. Саме тому вибір тензорного аналізу до моделювання процесів на ділянці апаратів 1 сатурації є найбільш доцільним

Результати дослідження та їх обговорення . 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 за управління 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.

Початкова точка вектору – це вхідні параметри, кінцева точка – це вихідні параметри, тобто це числові значення вхідних, вихідних змінних або – координати вектор. 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 відповідатиме кількості параметрів При цьому всі базисні осі повинні бути взаємно перпендикулярні (ортогональні) та мати однакові розмірності і рівні одиничній міри (ортонормовані).

Якість проходження кожного технологічного процесу характеризується наборами значень вхідних та вихідних параметрів. Якщо прийняти, що для станції сокоочистки є вектор вхідних змінних \vec{x} , що матиме такі складові як: витрата дифузійного соку, температура, вміст в соку нецукрів (пульпа, пектинові речовини, слабкі азотисті основи, солі органічних і неорганічних кислот, білок, амінокислоти), значення рН, витрата вапна, витрата сатураційного газу, кольоровість; вектор вихідних змінних \vec{y} . Вектор вихідних змінних для ділянки дефекосатурації матиме такі складові: температура соку, лужність соку, рН, вміст нецукрів, кольоровість соку, чистота соку.

Також необхідно доповнити новий простір, в даному випадку \vec{u} – вектор управління. На рис. 5 показано графічне представлення процесу на ділянці 1 сатурації у вигляді трьохмірного простору.

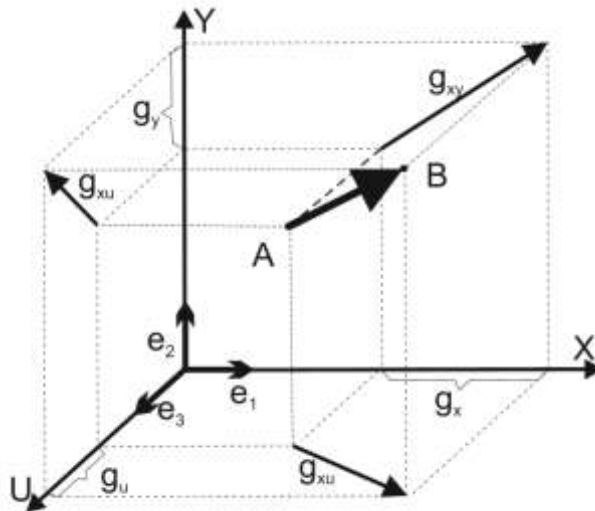


Рис 5. Представлення процесу на ділянці 1 сатурації у вигляді трьохмірного простору

Графічне представлення процесу на рис. 5 краще подати у вигляді математичного виразу :

$$y_m = A^k_{mn} x_n u_k, \quad (1)$$

де A^k_{mn} - тензор, що описує процеси на ділянці 1 сатурації.

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 основної дефекації (ввели подачу вапнякового молока в апарат) та апарату 1 сатурації.

За моделювання роботи апаратів ділянки першої сатурації, тензори дозволяють не тільки побудувати модель у вигляді багатомірного об'єкту, а й проводити над нею алгебраїчні операції: об'єднання тензорів, їх додавання та множення.

$$V_{ij} + U_{ij} = A_{ij}, \quad (2)$$

$$V_{ij} U_{pqr} = A_{ijpqr}. \quad (3)$$

Тобто виконуючи алгебраїчні операції над тензорами технологічних апаратів та рівнів управління, формується тензорна модель для всієї ділянки.

Наприклад, об'єднання трьох просторів в одну модель можна виконати за допомогою тензорного множення трьох лінійних просторів, в нашому випадку: V – простір переддефекатора, W – основної дефекації, U – простір першої сатурації сатурації, що будуть входити в багатомірний простір D для тензора A :

$$A = V \otimes W \otimes U. \quad (4)$$

Базиси для кожного простору будуть наступними: простір $B_V = e_1, \dots, e_n$ – базис простору V , $B_W = l_1, \dots, l_m$ – W , $B_U = t_1, \dots, t_k$ – U . Кожний елемент вказаних просторів буде знаходитись відповідно за значеннями свого базису:

$$v = \sum_{j=1}^n c_{ij} e_j, \quad w = \sum_{r=1}^m q_{ir} l_r, \quad u = \sum_{z=1}^k p_{iz} t_z \quad \text{де } c_{ij}, q_{ir}, p_{iz} \in D. \quad (5)$$

Відповідно до правил тензорного множення [2] та (3) елементи тензора A будуть розраховані:

$$a = \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^m \sum_{z=1}^k \left(\sum_{i=1}^s c_{ij} \cdot q_{ir} \cdot p_{iz} \right) \cdot e_j \otimes l_r \otimes t_z. \quad (6)$$

Тобто елементи тензору A будуть перераховані відповідно до базису $B_A = e_1 \otimes l_1 \otimes t_1, \dots, e_j \otimes l_r \otimes t_z$.

Знайдений тензор використовується як модель технологічного процесу ділянки 1 сатурації в автоматизованій системі керування, а саме для розрахунку управляючого діяння чи знаходження прогнозованого значення.

Важливою задачею є використання даної моделі у системі керування, тобто за розрахунку управляючого діяння або знаходження прогнозованого значення. Тому для використання тензорних моделей в системах керування потрібно зменшити розмірність тензору до розмірності вхідної інформації. Для цього використовують математичний апарат, що зменшує розмірність тензора – тензорне розкладання. Найбільш вживаними є розкладання Таккера, сингулярне розкладання, скелетне розкладання. Провівши розкладання можна отримати матризовані тензори (рис 6.)

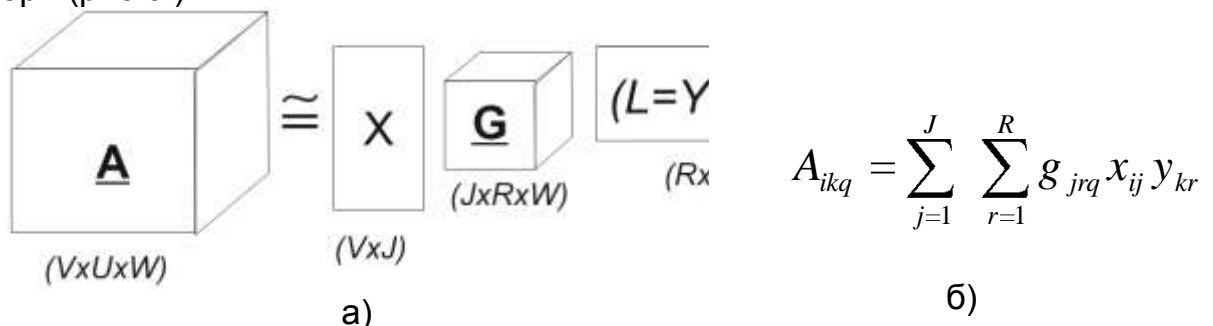


Рис 6. Розкладання тензора методом Такера: а) графічне представлення, б) аналітичне

Таким чином можна сформулювати тензорну модель для всієї ділянки дефекосатурації та відповідно всіх ієрархій керування.

Висновки і перспективи подальших наукових досліджень. В даній статті наведений приклад використання тензорного аналізу в автоматизованій системі управління процесів для ділянки 1 сатурації. Перевага тензорного аналізу в тому, що тензор як для об'єкта управління, так і самої системи управління, розраховується тільки один раз, далі компоненти тензора перераховуються в залежності від вибраного базису. Якщо є тензори для технологічного апарату або лінії, то за необхідності моделі ділянки підприємства або всього виробництва тензори можна додавати та множити. При цьому будуть сформовані нові тензори, тобто буде розроблена нова тензорна модель як для ділянки, так і для всього підприємства.

Список використаних джерел

1. Сидлецкий, В. М. АСУ станциями сокодобывания и сокоочистки / В. М. Сидлецкий, В. М. Кушков, С. М. Швед. // Автоматизация в промышленности – 2008. – №2. – С. 26-29.
2. Разумова, М. А. Основы векторного і тензорного аналізу: навчальний посібник / М. А. Разумова, В. М. Хотяїнцев. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2011. – 216 с.
- 3., Cichocki, A. Nonnegative Matrix and Tensor Factorizations: Applications to Exploratory Multi-way Data Analysis and Blind Source Separation. Chichester /A. Cichocki, R. Zdunek, A.-H. Phan, and S. Amari. – U.K.: John Wiley&Sons Ltd, 2009. – 407p.
4. Tensor Toolbox version 2.6 by Brett W. Bader, Tamara G. Kolda, Jimeng Sun, Evrim Acar, Daniel M. Dunlavy, Eric C. Chi, Jackson Mayo, et al. Copyright 2015, Sandia National Laboratories. Released February 6, 2015
5. TDALAB Laboratory for Tensor Decomposition and Analysis by Guoxu Zhou, Andrzej Cichocki 2012 Cichocki Laboratory for Advanced Brain Signal Processing.

References

1. Sidletskiy, V. M., Kushkov, V. M., Shved, S. M. (2008) ASU stantsiyami sokodobyvaniya i sokoochistki [ACS for juice production and juice cleaning stations]. Avtomatizatsiya v promyishlennosti, 2, 26-29.
2. Razumova, M. A. Khotiaintsev, V. M. (2011) Osnovy vektornoho i tenzornoho analizu [Basics of vector and tensor analysis]. Vydavnycho-polihrafichnyi tsentr "Kyivskiy universytet", 216.
- 3., Cichocki, A., Zdunek, R., Phan, A.-H., Amari, S. (2009). Nonnegative Matrix and Tensor Factorizations: Applications to Exploratory Multi-way Data Analysis and Blind Source Separation. Chichester. U.K., John Wiley&Sons Ltd, 407.
4. Tensor Toolbox version 2.6 by Brett W. Bader, Tamara G. Kolda, Jimeng Sun, Evrim Acar, Daniel M. Dunlavy, Eric C. Chi, Jackson Mayo, et al. Copyright 2015, Sandia National Laboratories. Released February 6, 2015
5. TDALAB Laboratory for Tensor Decomposition and Analysis by Guoxu Zhou, Andrzej Cichocki 2012 Cichocki Laboratory for Advanced Brain Signal Processing.

УПРАВЛЕНИЕ УЧАСТКОМ ПЕРВОЙ САТУРАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ТЕНЗОРНОГО АНАЛИЗА

В. М. Сидлецкий, Е. О. Кадура

Аннотация. В данной статье показан пример использования тензорного анализа в автоматизированной системе управления аппаратами участка 1 сатурации. Показана постановка задачи, для решения которой необходимо моделирование и использования тензорного анализа в процессе разработки модели. Представлена разработка тензора для технологического процесса и процесса управления, а также подход использования тензорной модели.

Ключевые слова: дефекация, сатурация, система управления, тензор, базис, тензорное умножение

THE METHOD OF TENSOR ANALYSIS FOR PROCESS CONTROL SYSTEMS FIRST SATURATION

V. Sidletskyu, I. Kadura.

Annotation. This article shows an example of the use of tensor analysis in an automated process control system phase 1 carbonation devices. Shown formulation of the problem, the solution of which is necessary to the modeling and the use of tensor analysis in the development model. Results for the development of the tensor of the process and process control systems, as well as the approach of using tensor model.

Keywords: defecation, saturation, the control system, the tensor basis tensor product

УДК 621.3: 631.53.027.33

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УСТАНОВОК ДЛЯ ОБРОБКИ ЗЕРНОВИХ В СИЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОЛЯХ

С. М. УСЕНКО, кандидат технічних наук,
О. В. НАУМЕНКО, асистент
*Національний університет біоресурсів
і природокористування України*
E-mail: virf750@mail.ru

Анотація. Суттєвим фактором, що призводить до втрат за зберігання зерна є діяльність комах-шкідників зернових запасів. Для знищення шкідників переважно застосовують фуміганти, які є досить токсичними. Альтернативним методом є озонування, але сучасні способи використання озону є енергозатратними та неефективним у зв'язку з втратами озону за його подачі від генератора озону до зерна та нерівномірністю обробки.