

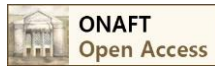
**2 АВТОМАТИЧНІ ТА АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ  
ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ**

УДК 681.5.01: 664.1

**КОГНІТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ  
ДИНАМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ  
СОКООЧИСТКИ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА**Зайка В.І.<sup>1</sup>, Зігунов О.М.<sup>1</sup>, Кишенько В.Д.<sup>2</sup><sup>1</sup> Сумський технікум харчової промисловості НУХТ, Суми<sup>2</sup> Національний університет харчових технологій, Київ

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: [10.15673/2312-3125](https://doi.org/10.15673/2312-3125)**Анотація**

В статті розглядається застосування методології когнітивного моделювання технологічних процесів для аналізу роботи відділення сокоочистки цукрового заводу та отримання прогнозу-сценарію поведінки динамічної системи. Метод когнітивного моделювання дозволяє провести аналіз факторів впливу, їх силу взаємодії, побудувати орієнтовно зважений граф факторів для динамічної слабоструктурованої системи.

**Abstract**

In the paper the application of cognitive modeling methodology for analyzing processes of the department sokoochystky sugar factory and getting the forecast scenario-dynamic system behavior. Cognitive modeling method allows to analyze factors influencing their interaction strength, build roughly weighted graph factors for dynamic semistructured system.

**Ключові слова****Когнітивна модель, фактори впливу, орієнтовно зважений граф, прогноз.**

Для станції сокоочистки дуже важливо підтримувати технологічний режим, від якого залежить доброякісність сиропу при уварюванні дифузійного соку. При підвищенні доброякісності соку на одну одиницю, можна отримати додатково 0,2 - 0,25% цукру від маси буряку, яка йде на переробку. Таким чином, підтримання технологічних параметрів в допустимих регламентних режимах має вирішальне значення в процесі усунення нецукрів і, як результат, підвищення ефективності цукрового виробництва в цілому. Враховуючи велику кількість взаємозв'язаних інформаційних потоків, складність технологічних, фізико-хімічних та хімічних процесів, взаємозв'язність технологічних операцій на станції сокоочистки, виникає необхідність застосування синергетичного підходу при реалізації алгоритмів регулювання та вирішенні задач керування складним технологічним комплексом. Сучасні технологічні комплекси, організаційно-технічні (технологічні) системи складаються з комплексів підсистем, які виконують конкретні функції та пов'язані між собою складними процесами інтенсивної динамічної взаємодії та обміну енергією, речовиною та інформацією. У таких складних нелінійних, багатовимірних та багатозв'язних системах відбуваються перехідні процеси, виникають критичні та хаотичні режими. Для підвищення ефективності керування складними системами сучасна теорія управління використовує також методи синергетики, заснованої на ідеї самоорганізації

Головне завдання будь-якого управління – прийняти адекватне рішення в конкретних мінливих умовах. Сьогодні це стає дедалі складніше, оскільки все важче стало спрогнозувати, оцінити, яким чином прийняте



## 2 АВТОМАТИЧНІ ТА АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

рішення вплине на розвиток усієї проблемної системи. Тому сьогодні науковці знаходяться в пошуку методології, яка б адекватно оцінювала слабкоструктуровані системи та операторський персонал як особистість: зі своїм світобаченням, досвідом та інтуїцією. Одним із найбільш перспективних та придатних напрямків в теорії прийняття управлінських рішень є когнітивне моделювання.

Проблеми когнітивного моделювання досліджували відомі вчені: Н. В. Прангішвілі, Н. А. Абрамова, З. К. Авдєєва, С. В. Коврига, Д. І. Макаренко, М. М. Шемаєв, Л. Г. Шемаєва та ін.

Провідною науковою організацією Росії, що займається розробкою та застосуванням технології когнітивного аналізу, є Інститут проблем управління РАН, вчені Максимов В.І., Корноушенко С. К., Качаєв С.В., Григорян О.К. та ін.

Одним із відомих підходів вирішення проблем керування динамічними системами є когнітивне моделювання, методологія якого призначена для аналізу і використання отриманих рішень для погано формалізованих ситуацій. Вперше методологію когнітивного моделювання динамічних систем було запропоновано Аксельродом [1].

Аналізуючи багатосторонню полеміку щодо питання концепції когнітивного моделювання, можна стверджувати, що його суть полягає в тому, щоб найскладніші проблеми і тенденції розвитку системи відобразити в спрощеному вигляді в моделі, досліджувати можливі сценарії виникнення кризових ситуацій, знайти шляхи та умови їх вирішення в модельній ситуації.

Когнітивне моделювання – це один із наукових методів когнітології. Когнітологія (когнітивна наука) [лат. *cognitio* - пізнання гр. *logos* - вчення] – міждисциплінарний науковий напрямок, який об'єднує теорію пізнання, когнітивну психологію, нейрофізіологію, когнітивну лінгвістику і теорією штучного інтелекту [2]. Об'єктом науки когнітології [3] виступає ієрархічно організований простір знань, який складається з упорядкованих підпросторів, причому ці знання є орієнтованими, що дозволяє відносно швидко використовувати їх в управлінні. Когнітивне моделювання у свою чергу розглядається авторами як формалізація знань, прийняття рішень на основі образних знань, управління на рівні інтуїтивних знань [4].

Основною ідеєю використання когнітивного моделювання для станції сокоочистки цукрового заводу є формування та уточнення гіпотези щодо функціонування досліджуваного об'єкта, що розглядається як слабкоструктурована система, яка складається з окремих внутрішніх і зовнішніх елементів, підсистем, які взаємодіють одне з одним, на основі структурної схеми причинно-наслідкових зв'язків [5].

Когнітивний підхід до моделювання та отримання прогнозу-сценарію поведінки динамічної системою сокоочистки спрямований на розробку формальних моделей і методів, які підтримують інтелектуальний процес вирішення проблем завдяки врахуванню в даних моделях і методах когнітивних можливостей (сприйняття, уявлення, пізнання, розуміння, пояснення) оперативного персоналу цукрового заводу при вирішенні управлінських задач [6].

Когнітивна карта ситуації – це орієнтований граф, вершини якого відповідають чинникам технологічної ситуації. Дуги, які зв'язують вершини графу відображають причинно-наслідковий зв'язок між чинниками. Якщо збільшення значення чинника-причини приведе до збільшення значення чинника-наслідку, то такий зв'язок вважають позитивним, в іншому випадку – негативним [6]. Побудова когнітивної карти реалізується в середовищі програмного комплексу „Канва” [6], призначеного для когнітивного моделювання прийняття управлінських рішень [5]. Вибір цієї програми пояснюється наявністю необхідних засобів та інструментів графічної побудови когнітивної карти, її візуалізації та аналізу.

Побудована когнітивна карта дає картину причинно-наслідкових зв'язків між чинниками (параметрами) технологічного процесу сокоочистки. При цьому, серед усієї множини параметрів виділяємо вхідні та декілька цільових (вихідних). Досягнення певного бажаного значення цільових параметрів, таких як величина рН, температура, концентрація вапна та СО<sub>2</sub> дозволяє вплинути на розвиток ситуації в потрібному для нас напрямку або на її вирішення з меншими втратами енергетичних та матеріальних ресурсів виробництва. Експертами даної предметної області визначені наступні цільові чинники для кластерів ситуації, пов'язаних з технологічним процесом та управлінням ресурсами підприємства: ефективність попередніх технологічних операцій та відділень, ритмічність роботи наступних технологічних циклів, наявність та стан відповідного технологічного обладнання, рівень кваліфікації працівників, ефективність використовуваного технологічного процесу, якість вихідної сировини. Побудовані когнітивні карти кластерів ситуації визначають характер впливу вхідних параметрів технологічного процесу на цільові, створюючи інформаційну базу для вирішення ситуації. Проте, для повноти цієї інформації врахуємо характер впливу на цільові параметри макросередовища цукрового заводу [8].

Розглянута методика визначення характеру впливу вхідних чинників, як мікро-, так і макросередовища, на цільові фактори дозволить підготувати матеріал для вирішення управлінських ситуацій.



## 2 АВТОМАТИЧНІ ТА АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ

Побудовані когнітивні карти відображають лише факт наявності зв'язку між чинниками. Проте, вони не відображають сили зв'язку та динаміку змін впливу залежно від зміни ситуації. Ці питання можна вирішити побудувавши моделі кластерів ситуацій. Дані моделі повинні включати наступні параметри:

- величину та характер зв'язків між чинниками мікросередовища, які визначаються експертами;
- величину впливу кожного з чинників мікросередовища на відповідний кластер ситуацій;
- ступінь впливу чинників макросередовища на чинники мікросередовища, визначені експертами.

В узагальненому вигляді когнітивна модель кластерів типових ситуацій, технологічного процесу цукрового заводу для станції сокоочистки може бути зображена як система рівнянь (1):

$$\begin{aligned}
 \pm \sum_{i,f,g-2}^n k_i p_f m_g &= \pm \sum_{i,j-1}^n t_i e_j \\
 \pm k_1 p_1 \cdot m_1 \pm \sum_{i,f,g-3}^n k_i p_f m_g &= \pm \sum_{i,j-1}^n t_i e_j \\
 &\dots \\
 \pm \sum_{i,f,g-1}^{n-1} k_i p_f m_g &= \pm \sum_{i,j-1}^n t_i e_j
 \end{aligned} \tag{1}$$

де,

$p_f, f = 1 \dots n$  – чинники мікросередовища;

$e_j, j = 1 \dots n$  – чинники макросередовища;

$k_i, i = 1 \dots n$  – величина зв'язків між чинниками;

$t_i, i = 1 \dots n$  – величина впливу чинників макросередовища на чинники мікросередовища;

$m_g, g = 1 \dots n$  – величина впливу чинників мікросередовища на ситуацію.

На достовірність результатів когнітивного моделювання впливають певні шуми  $\varepsilon$ , пов'язані з суб'єктивністю експертів та недостовірністю оцінок, зроблених ними. Для мінімізації цих шумів ( $\varepsilon \rightarrow \min$ ) при проведенні експертних оцінок враховано вимоги до кваліфікаційних особливостей експертів:

- стаж роботи  $\geq 3$  роки;
- вища освіта – керівники та спеціалісти-технологи цукрового виробництва;
- опитування експертів на протязі зміни та позмінно;
- індивідуальне експертне оцінювання виробничих ситуацій;
- врахування думок працівників інших, суміжних відділень цукрового заводу.

Побудована система рівнянь дає інформацію достатню для формулювання сценаріїв подальшого розвитку типових управлінських ситуацій на підприємстві. Нижче наведена когнітивна модель станції сокоочистки в програмному засобі „КАНВА”. Під час введення назви фактору задаються поточне, максимальне, мінімальне та проміжні значення параметрів (рис. 1.). Далі вказується вплив одного фактора на інші в матриці суміжності.

Наступним кроком вказується розміщення вершин графа, після чого програмний засіб з урахуванням вказаних в матриці суміжності зв'язків автоматично буде орієнтовано зважений граф (рис. 3.), на якому наглядно відображені зв'язки між факторами [6].

Якщо фактор впливу тільки один - застосовується пряме оцінювання на інший фактор. Тобто вказується сила впливу, як в залежності від зміни даного фактору буде змінюватись інший фактор. Після побудови зваженого графа необхідно вказати силу впливу факторів один на одного. Якщо факторів впливу декілька, тоді застосовується попарне оцінювання, коли вказується не тільки сила впливу фактору, але і який з них буде сильніше за інший змінюваний вказаний фактор (рис. 2.).



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

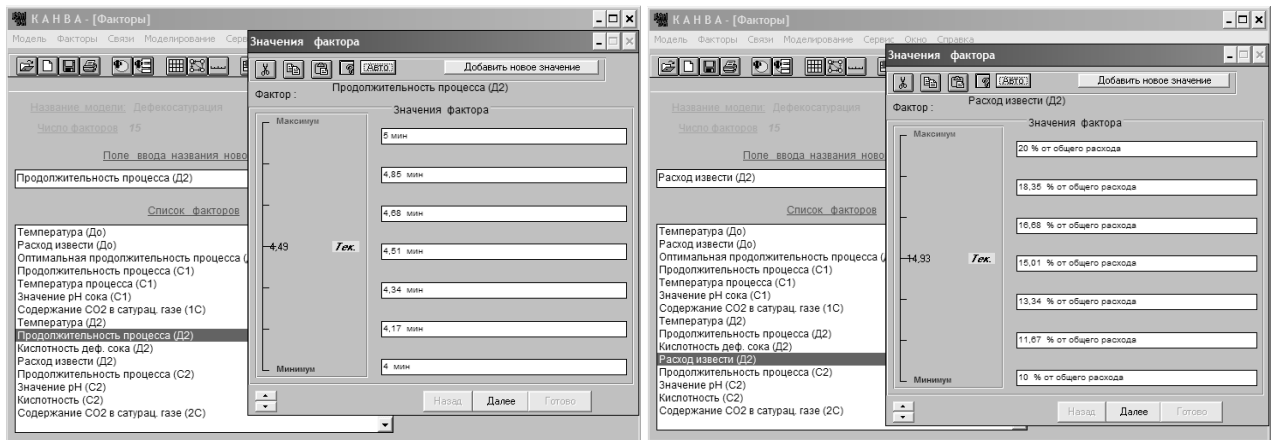


Рис. 1. Вікна таблиць факторів та їх значення

	Температура (D0)	Расход извести (D0)	Оптимальная продолжительность процесса (C1)	Продолжительность процесса (C1)	Температура процесса (C1)	Значение pH сока (C1)	Содержание CO2 в сатурац. газе (C1)	Температура (D2)	Продолжительность процесса (D2)	Кислотность деф. сока (D2)	Расход извести (D2)	Продолжительность процесса (C2)	Значение pH (C2)
Температура (D0)			1										
Расход извести (D0)			1										
Оптимальная продолжительность процесса (C1)	1	-1											
Продолжительность процесса (C1)					-901	99							
Температура процесса (C1)				-1		9902							
Значение pH сока (C1)							-99						
Содержание CO2 в сатурац. газе (C1)													
Температура (D2)												7506	
Продолжительность процесса (D2)										-1			99
Кислотность деф. сока (D2)								1					
Расход извести (D2)									1				
Продолжительность процесса (C2)													9917
Значение pH (C2)													-1565
Кислотность (C2)													
Содержание CO2 в сатурац. газе (C2)											-1		99

Рис. 2. Вікно сили впливу факторів зв'язків між собою

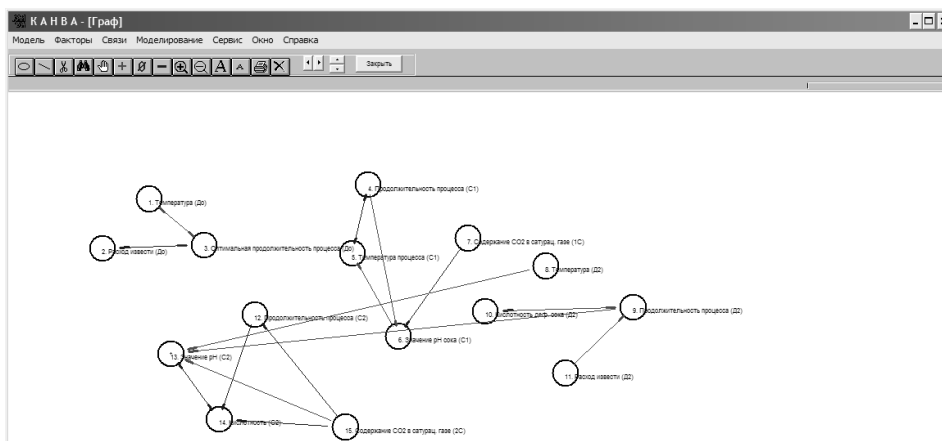


Рис. 3. Орієнтовано зважений граф зв'язків між факторами

Також, якщо під час встановлення сили впливу експерт допустився помилки, програмний засіб автоматично запобігає цьому і пропонує внести корективу для коригування.

Зміни відносно поточного значення вхідних параметрів задаються в таблиці моделювання, а також вказуються цільові фактори, які необхідно розрахувати.

Після заповнення таблиці моделювання проводимо розрахунок прогнозу зміни факторів і спостерігаємо, як зміна вхідних факторів призвела до зміни всіх інших факторів, а також як змінились цільові фактори (рис. 3.)



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

В програмному засобі „КАНВА” є можливість зберегти результати прогнозування в сценарії і потім порівняти зміну певних параметрів в залежності від обраного сценарію. Також при порівнянні сценаріїв ми маємо змогу (рис.4.) вивести графи зміни факторів макро- та мікросмінних.

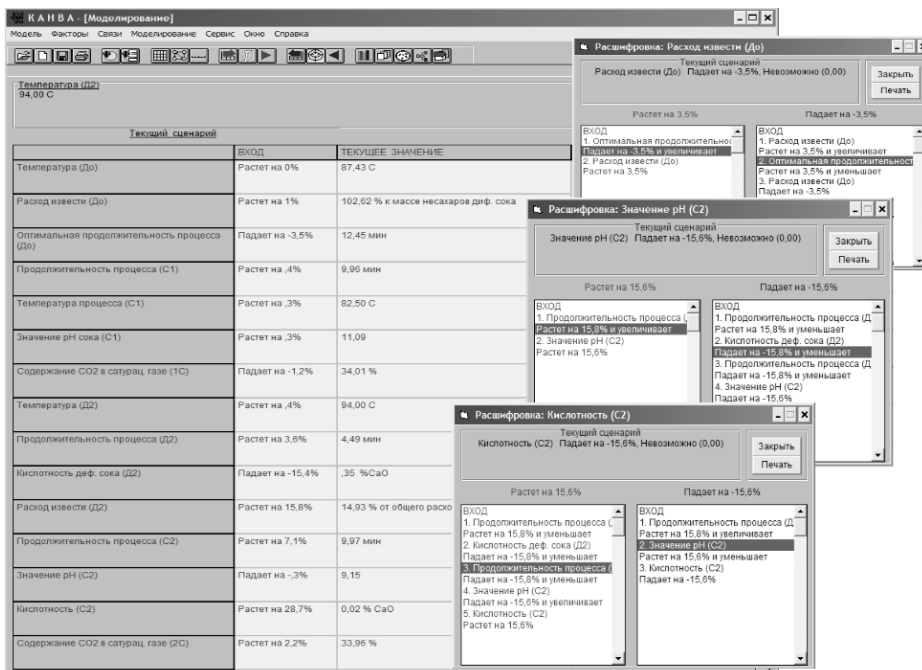


Рис. 4. Результаты моделирования отделения сокоочистки та розшифровка факторів впливу

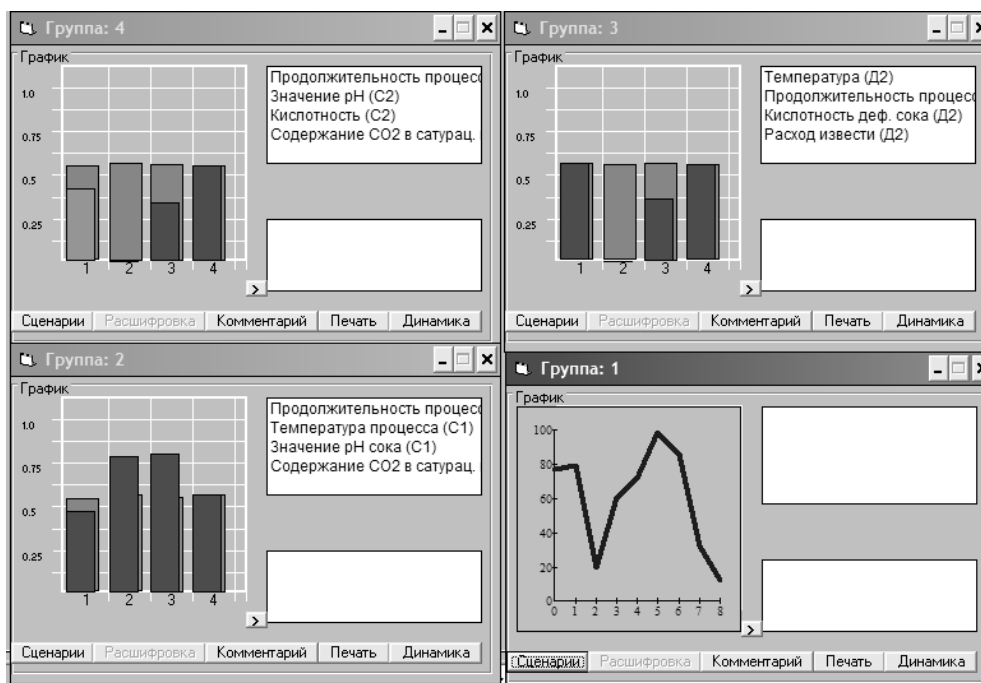


Рис. 5. Прогноз-сценарій поведінки динамічної системи при дії різних факторів впливу (а)

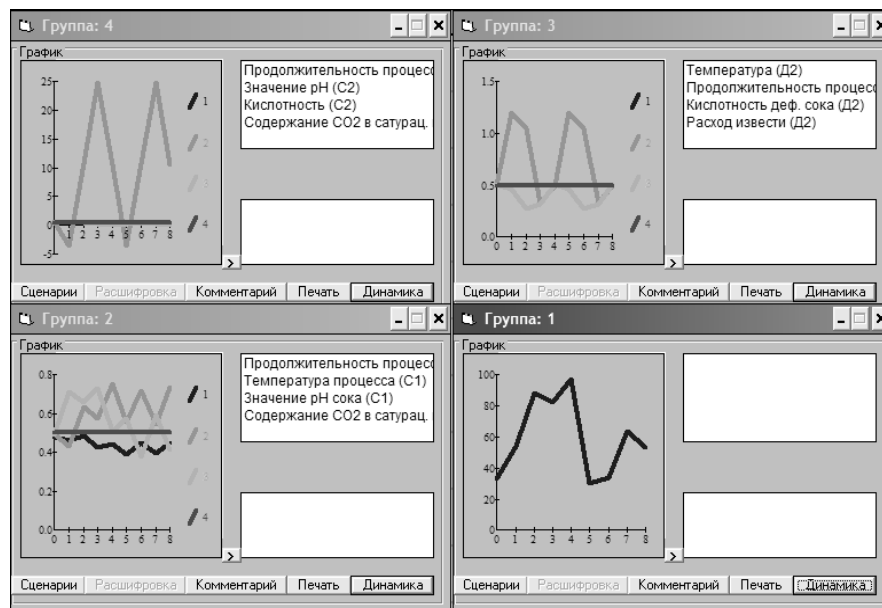
**2 АВТОМАТИЧНІ ТА АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ  
ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ**

Рис. 5. Прогноз-сценарій поведінки динамічної системи при дії різних факторів впливу (б)

В результаті когнітивного моделювання технологічного процесу сокоочистки отримано:

1. автоматично побудований орієнтовано зважений граф зв'язків між факторами впливу;
2. представлення числових результатів зміни факторів в залежності від обраного сценарію, з можливістю вибору необхідних цілей управління („вхідні" та „вихідні" фактори) (рис. 5.);
3. побудова графіків зміни факторів в залежності від обраного сценарію;
4. можливість порівняння сценаріїв залежно від значень зміни вхідних факторів.

На основі даних, отриманих з когнітивної моделі та прогнозу-сценарію станції сокоочистки, знаючи, як буде розвиватись ситуація при тих чи інших умовах, експерт має можливість прийняти правильне рішення про вплив на протікання технологічного процесу, а також ці дані можуть бути використані в підсистемі підтримки прийняття рішень системи керування технологічним об'єктом.

**Литература**

1. Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites [Text] / R. Axelrod. - Princeton. University Press. - 1976 - 404 p.;
2. Справочно-информационный портал. [Электронный ресурс] - Режим доступа: [www.dic.academic.ru](http://www.dic.academic.ru)
3. Цибульский, В. Р. Когнитология. Основные понятия когнитивного управления [Текст] / В. Р. Цибульский, В. В. Фомин. - Вестник кибернетики. Вып. 1.- Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН. - 2002. - С. 34 – 37;
4. Раевнева, Е. В. Когнитивное моделирование для решения задач управления слабоструктурированными системами (ситуациями) [Текст] / Е. В. Раевнева, Н. М. Берест. - Бизнесинформ. - 2010. - №5 (2). - С. 40 - 43.;
5. Максимов, В. И. Когнитивные технологии для поддержки принятия управленческих решений [Электронный ресурс] / В. И. Максимов, Е. К. Корноушенко, С. В. Качаев. - Режим доступа: <http://emag.iis.ru/arc/infosoc/emag.nsf/BPA/092aa276c601a997c32568c0003ab839.>;
6. Ареф'ева, О. В. Економічна стійкість підприємства: сутність, складові та заходи її забезпечення [Текст] / О. В. Ареф'ева, Д. М. Городинська. - Актуальні проблеми економіки. - 2008. - № 8. - С. 83 - 90.;
7. Кулинич, А. А. Антология интеллектуальных модулей. [Електронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.raai.org/razrabotki/rgupiiim/imlist.html.>;
8. Ладанюк, А.П. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу [Текст] : монографія / Ладанюк А. П., Решетюк В. М., Кишенько В. Д., Смітюх Я. В.. - Київ : Центр учб. літ., 2014. - 279 с.

**2 АВТОМАТИЧНІ ТА АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ  
ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ****References**

1. Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites [Text] / R. Axelrod. - Princeton. University Press. - 1976 - 404 r.;
2. Spravochno-ynormatyonny portal. [Elektronny resurs] - Rezhym dostupa: [www.dic.academic.ru](http://www.dic.academic.ru)
3. Tsybul'skyy, V. R. Kohnytolohyya. Osnovnye ponyatyia kohnytyvnoho upravlenyya [Tekst] / V. R. Tsybul'skyy, V. V. Fomyn. - Vestnyk kybernetyky. Vip. 1.- Tyumen': Yzd-vo YPOS SO RAN. - 2002. - S. 34 – 37;
4. Raevneva, E. V. Kohnytyvnoe modelyrovanye dlya reshenyya zadach upravlenyya slabostrukturyrovannymy systemamy (sytuatsyyamy) [Tekst] / E. V. Raevneva, N. M. Berest. - Byznesyinform. - 2010. - #5 (2). -S. 40 -43.;
5. Maksymov, V. Y. Kohnytyvne tekhnolohyy dlya podderzhky prynyatyia upravlencheskykh reshenyy [Elektronny resurs] / V. Y. Maksymov, E. K. Kornoushenko, S. V. Kachaev. - Rezhym dostupa: <http://emag.iis.ru/arc/infosoc/emag.nsf/BPA/092aa276c601a997c32568c0003ab839.>;
6. Aref'yeva, O. V. Ekonomichna styykist' pidpryyemstva: sutnist', skladovi ta zakhody yiyi zabezpechennya [Tekst] / O. V. Aref'yeva, D. M. Horodyns'ka. - Aktual'ni problemy ekonomiky. - 2008. - # 8. - S. 83 - 90.;
7. Kulynych, A. A. Antolohyya yntellektual'nykh moduley. [Elektronny resur] - Rezhym dostupa: <http://www.raai.org/razrobotki/rgupiim/imlist.html.>;
8. Ladanyuk, A.P. Innovatsiyni tekhnolohiyi v upravlinni skladnymy biotekhnolohichnymy ob'yektamy ahropromyslovoho kompleksu [Tekst] : monohrafiya / Ladanyuk A. P., Reshetyuk V. M., Kyshen'ko V. D., Smityukh Ya. V.. - Kyiv : Tsentru uchb. lit., 2014. - 279 s.

УДК 621.316.7

## АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ КОМПРЕССОРА

Букарос А.Ю.<sup>1</sup>, Ромчук Н.О.<sup>1</sup>, Букарос В.Н.<sup>2</sup><sup>1</sup> Одесская национальная академия пищевых технологий, Одесса<sup>2</sup> Училище №3 Национального университета ОЮА, Одесса

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: [10.15673/2312-3125](https://doi.org/10.15673/2312-3125).**Аннотация**

Проведен анализ существующих принципов частотного управления и обоснован выбор скалярного принципа для управления трехфазным асинхронным электродвигателем компрессора. Определены регламентированные значения пульсаций частоты вращения электродвигателя компрессора при различных диапазонах регулирования скорости и на основе этого предложено использование замкнутой двухконтурной системы подчиненного регулирования координат при работе преобразователя частоты в режиме источника тока в качестве системы частотного управления. Предложен эффективный бездатчиковый способ определения частоты вращения и момента сопротивления электродвигателя компрессора на основе теории наблюдателей Люенбергера. Определены размерность и коэффициенты матрицы Люенбергера, исходя из равенства величины среднегеометрического корня характеристического полинома системы управления значению угловой частоты напряжения сети. Проведено моделирование полученной системы частотного управления электродвигателем компрессора в среде визуального программирования Matlab/Simulink на примере трехфазного асинхронного двигателя 4AA63A4Y3. Проанализировав данные моделирования, было выявлено, что данная система управления не обеспечивает необходимой жесткости механических характеристик в динамике, поскольку пульсации частоты вращения