

**ЕНЕРГОАУДИТ ХЛІБОКОМБІНАТУ – ОСНОВА РОЗРОБКИ
ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ І СТВОРЕННЯ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ
ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНИМ КОМПЛЕКСОМ**

***В. В. Момотюк, інженер
Мирогощанський аграрний коледж
В. В. Козирський, доктор технічних наук
Національний університет біоресурсів
і природокористування України
e-mail: nni.elektrik@gmail.com***

Анотація. *Проведено енергоаудит хлібокомбінату. Показано, що розробка інтелектуальної системи управління енергоефективністю хлібокомбінату дасть змогу заощадити енергоресурси, сировину й трудові витрати.*

Ключові слова: *енергоаудит, хлібокомбінат, інтелектуальна система управління, електротехнологічний комплекс*

Нині в хлібопекарській промисловості України необхідна ефективна й грамотна політика модернізації галузі. Одним із таких напрямів є впровадження у виробництво нових енергоощадних і ресурсозберігальних технологій.

Основою ефективності роботи хлібопекарського підприємства є якість продукції, мінімальний час виробничого циклу, а також зниження матеріальних, енергетичних і трудових витрат. На сьогодні, у зв'язку зі зростанням тарифів на енергоносії енергетична складова суттєво впливає на собівартість продукції. Одним зі шляхів підвищення ефективності виробництва є використання інтелектуальних систем управління, що уможливають швидку та ефективну реалізацію складних обчислювальних процедур енергоефективного керування при забезпеченні якості продукції.

Ключовою передумовою для енергоефективного управління електротехнологічним комплексом хлібокомбінату є така техніко-економічна залежність: якщо енергетичні витрати хлібозаводу становлять 2,5 % від сукупних витрат, а його прибуток становить 5 % від обороту, то зниження енергетичних витрат на 10 % еквівалентно зростанню прибутку на 5%.

Початковим етапом впровадження енергоефективних технологій на підприємствах хлібопекарської галузі є енергоаудит підприємства.

Мета досліджень – проведення енергоаудиту електротехнологічного комплексу хлібозаводу для зниження собівартості виробленої продукції за рахунок виявлення та реалізації техніко-технологічного потенціалу енергозбереження.

Матеріали та методика досліджень. Основні етапи робіт енергетичного аудиту:

1. Збір та аналіз вихідних даних по об'єкту:

- договори енергопостачання; дані по основному енергетичному устаткуванню і режимах його роботи;
- дані з технологічного устаткування, технологічні карти;
- проекти модернізації та реконструкції;
- виробничий план підприємства.

2. Обстеження системи енергопостачання підприємства:

- Котельня підприємства, складання балансової схеми;
- система електропостачання підприємства, тепловізійна діагностика електрообладнання;
- система водопостачання підприємства, аналіз ефективності роботи насосних груп;
- система холодопостачання;
- система виробництва стисненого повітря;
- система вентиляції та кондиціонування;
- система освітлення виробничих цехів і адміністративних приміщень.

3. Обстеження електротехнологічного обладнання:

- обладнання для зберігання та підготовки борошна;
- обладнання для охолодження дріжджів і води;
- тістоприготувальні машини;
- розстійні шафи;
- хлібопекарські печі;
- комплекс охолодження і зберігання готової продукції.

4. Заключний етап – формується звітна документація за результатами проведеного енергетичного обстеження:

- звіт (пояснювальна записка) за результатами проведеного енергетичного обстеження;
- енергетичний паспорт підприємства;
- комплект техніко-економічних обґрунтувань щодо підвищення енергетичної ефективності підприємства.

Саме на основі даних, зібраних під час проведення енергоаудиту підприємства надалі розроблюється проект модернізації виробництва.

Результати досліджень. Типовий електротехнологічний комплекс хлібозаводу складається з основного електротехнологічного обладнання та системи енергопостачання підприємства (рис. 1).

Провівши огляд літератури та проаналізувавши існуючі розробки з підвищення енергоефективності хлібокомбінату, можна зробити висновок, що підприємства намагаються частково чи повністю модернізувати технологічне обладнання, впровадити автоматизовані системи управління хлібокомбінатом, вживають заходи економії енергоресурсів в технологічному процесі на вже існуючих апаратах.

Однак існує низка факторів, які впливають на режими споживання електроенергії, теплової енергії інших енергоресурсів. В умовах

виробництва, що розглядається, надзвичайну актуальність має когенерація тепла, використання акумуляторів тепла та ін. Врахування кількості факторів, ефективне управління процесами виробництва, прогнозування впливу на ефективність виробництва можливо при використанні інтелектуальних систем автоматики [4, 5].

Проте не існує теорії і практики впровадження інтелектуальних систем управління енергоефективністю електротехнологічних комплексів хлібокомбінатів. Тільки інтелектуальні системи управління можуть якісно та оперативно виконувати функцію взаємодії електротехнологічних підсистем між собою, використовувати максимально ефективно потенціал системи в цілому та окремо кожної підсистеми. І в кожний конкретний момент часу, врахувавши особливості процесу виробництва, динаміку зовнішніх і внутрішніх факторів, забезпечити стабільну якість продукції та економію енергоресурсів в умовах змінюваних параметрів об'єкта.

Основними організаційно-економічними факторами, що впливають на собівартість і збут готової продукції є: організація управління, закупівля сировини та контроль за її витрачанням, енергоефективне управління виробничим процесом, а також необхідність швидко реагувати на змінювані умови роботи.



Рис. 1. Типовий електротехнологічний комплекс хлібозаводу

Аналізуючи процес випікання хліба з точки зору системного аналізу, відзначаємо наявність ознак, які характерні для складних систем:

- у цій системі виділяється структурна сукупність підсистем, які взаємодіють між собою;
- кожна із систем може входити як підсистема в більш складну, у свою чергу, підсистеми можуть представлятись як системи молодшого рангу;
- складні системи взаємодіють із зовнішнім середовищем також як одне ціле;
- процес функціонування складних систем включає різні аспекти (перетворення речовини, енергії, інформації);
- ефективність діяльності системи може оцінюватись як співвідношення результатів перетворення сировини в готову продукцію або ступінь зменшення невизначеності або зменшення складності проблеми;
- мета функціонування складних систем управління полягає в підтриманні оптимальних режимів та адаптації до змінюваного зовнішнього середовища;
- процес функціонування складних систем управління – це сукупність процесів основного призначення та допоміжних (адаптація, розвиток, реконфігурація та ін.);
- у складних системах процеси управління реалізуються як із використанням зворотних зв'язків, так і з формуванням комплексу цілей, кожна з яких розв'язується своїм методом;
- у складних системах управління на кожному з етапів має свої особливості (збір інформації, її аналіз, вироблення управляючих дій, реалізація).

Технологічні передумови створення інтелектуальної системи управління виробництвом хлібокомбінату:

- нерозривність технологічної лінії;
- перспективи підвищення якості випічки – випічка хліба найвищої якості з мінімізацією трудомісткості;
- необхідність розширення асортименту хліба – можливість випічки різного асортименту хліба в окремих печах комплексу;
- економічність виробництва – можливість роботи тільки необхідної кількості печей залежно від вимог експедиції (асортименту);
- необхідність мінімізації енергетичних витрат.

Для опису зв'язків між підсистемами використовуємо один із методів математичного опису – теорію графів. Графові моделі поєднують у собі властивості графічного та множинного представлення з формуванням допоміжних матриць, які зручно використовувати для задач аналізу, синтезу та управління.

Електротехнологічний комплекс хлібокомбінату у повній комплектації являє собою складну систему, що складається з таких елементів:

1. Зберігання та дозування інгредієнтів (борошно, дріжджі, цукор, сіль і т. д.).
2. Заміс і оброблення тіста.
3. Розстійна шафа.
4. Хлібопекарська піч.
5. Охолодження готових виробів.
6. Упаковка.
7. Зберігання готової продукції.
8. Система водопостачання.
9. Пароконденсатна система, котельня.
10. Система повітропостачання.
11. Система холодопостачання.

Кожна з виокремлених підсистем являє собою важливу складову електротехнологічного комплексу, аналіз якого приведе до найбільш повного уявлення про сам процес і про можливість його регулювання. Додатковою складовою електротехнологічного комплексу вважаємо систему освітлення виробничих цехів та адміністративних приміщень. На основі технологічного аналізу складено повний потоковий граф хлібокомбінату (рис. 2), де вершинами є його функціональні елементи, а дугами – зв'язки між ними.

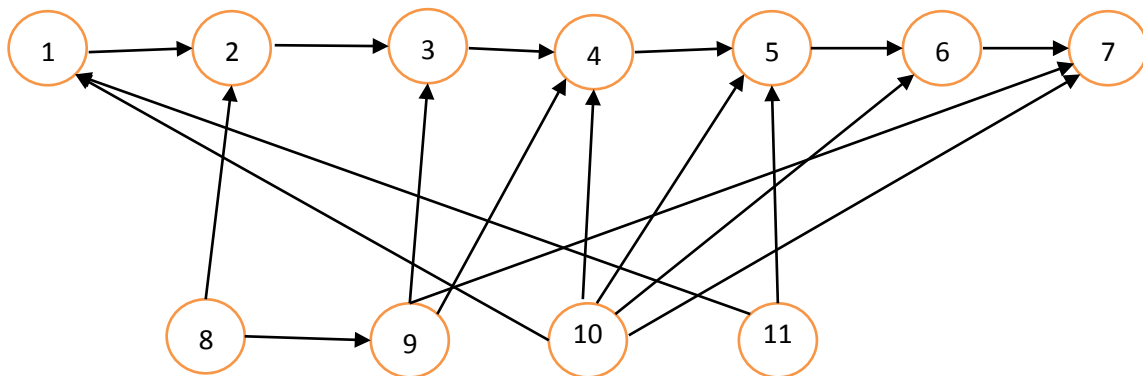


Рис. 2. Повний потоковий граф хлібокомбінату

Далі на основі повного потокового графу складаємо матрицю шляхів (табл. 1). Матриця є квадратною, кількість стовпців відповідає кількості елементів у складі технологічного комплексу. Якщо на графі є шлях будь-якої довжини з вершини i у вершину j , то на пересіченні i -го рядка та j -го стовпця ставиться одиниця, у протилежному випадку – 0.

На основі матриці шляхів P будується допоміжна матриця S (див. табл. 2).

$$S_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } p_{ij} = p_{j1} = 1 \\ 0, \text{ в протилежному випадку} \end{cases}$$

1. Матриця шляхів Р

		Номер вершини графа, i										
Номер вершини графа, j		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	8	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	9	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0
	11	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1

2. Допоміжна матриця S

		Номер вершини графа, i										
Номер вершини графа, j		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	щ
	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

На основі матриці S визначаються комплекси, які входять до складу системи. Якщо в i-му рядку є лише один ненульовий елемент S_{ii} (на головній діагоналі), то елемент системи з номером i можна вважати окремим комплексом.

Отже, проаналізувавши повний потоковий граф хлібокомбінату, матрицю шляхів та допоміжну матрицю, можна зробити висновок, що всі виділені підсистеми, які входять до електротехнологічного процесу виготовлення хлібобулочних виробів, з'єднані послідовно. А підсистеми енергопостачання підприємства впливають на окремі підсистеми електротехнологічного процесу. Таким чином, хлібокомбінат має всі ознаки складної системи з можливістю виокремлення окремих підсистем. Оскільки кожна з виокремлених підсистем має свої локальні цілі, то при функціонуванні системи в цілому, можуть виникнути конфліктні ситуації. Таким чином, виникає задача координації роботи підсистем. Розв'язком

задачі є визначення взаємодії підсистем, при цьому управління мають бути оптимальні за критеріями ефективності кожної з підсистем та оптимальними за загальним критерієм для процесу в цілому.

Висновки

Нині провідну роль у вирішенні завдань підбору режимів і вибору оптимальних параметрів роботи підсистем та комплексу в цілому відіграє кваліфікація персоналу. Проте введення в технологічний процес сучасних інтелектуальних засобів комп'ютерної техніки дасть змогу підвищити оперативність і якість прийнятих рішень та дозволить враховувати як мету управління всієї системи, так і кожної підсистеми окремо.

Нині при вирішенні завдань автоматизації дедалі ширше застосування отримали засоби комп'ютерної техніки та сучасні інформаційні технології. Автоматизація інформаційних завдань дає змогу у виробничих умовах підвищити оперативність і якість прийнятих рішень.

Проблема якості готових виробів і зниження витрат енергоресурсів частково вирішуються за рахунок використання новітнього закордонного обладнання. Однак існуючі системи автоматизації технологічних процесів хлібопекарського виробництва не забезпечують оперативного комплексного керування процесом випікання хліба за умови енергоефективності роботи підприємства в цілому.

Рішення щодо зміни тих чи інших параметрів приймається системою після певного запізнювання в отриманні інформації. Сировина в процесі цього запізнювання вже встигає пройти частину виробничого циклу і на якомусь відрізку часу може бути випущена бракована продукція. При цьому виникає суперечність між тенденцією ускладнення об'єктів керування, що веде до збільшення числа контрольованих параметрів, і вимогою оперативності управління.

Отже, задача розробки інтелектуальної системи управління енергоефективністю хлібокомбінату є актуальною, а створення такої системи управління дасть змогу заощадити енергоресурси, сировину й трудові витрати.

Список літератури

1. Дробот В. І. Технологія хлібопекарського виробництва / В. І. Дробот. – К. : Логос, 2002. – 365 с.
2. Кравчук Р. К. Автоматизация предприятий хлебопекарной промышленности Украины // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. – 2014. – № 17. – С. 29–32.
3. Звіт Міжнародної фінансової корпорації (IFC) “Зниження енергетичних витрат на підприємствах хлібопекарської промисловості” – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : www.ifc.org/rsefp
4. Лисенко В. П. Інтелектуальний електротехнічний комплекс для енергоефективного управління в теплиці / В. П. Лисенко, І. М. Болбот, Т. І. Лендел // Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта : міжнар. наук.-практ. конф., 15–16 листоп. 2012 р. : тези доп. – К., 2012. – С. 64–65.

5. Дудник А. О. Побудова систем керування мікрокліматом у теплицях з використанням інтелектуальних складових / А. О. Дудник, В. П. Лисенко, Т. І. Лендел // Актуальні проблеми наук про життя та природокористування : наук.-практ. конф., 16–18 жовт. 2013 р. : тези доп. – К., 2013. – С. 171–172.

**ЭНЕРГОАУДИТ ХЛЕБОКОМБИНАТА – ОСНОВА РАЗРАБОТКИ
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ И СОЗДАНИЯ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА
ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ**

В. В. Момотюк, В. В. Козырский

Аннотация. *Проведен энергоаудит хлебокомбината. Показано, что разработка интеллектуальной системы управления энергоэффективностью хлебокомбината позволит сэкономить энергоресурсы, сырье и трудовые затраты.*

Ключевые слова: *энергоаудит, хлебокомбинат, интеллектуальная система управления, электротехнологический комплекс*

**ENERGY AUDIT BAKERY – BASIS OF DEVELOPMENT
OF THE ENERGY SAVING TECHNOLOGIES
AND INTELLECTUAL MANAGEMENT SYSTEM
BY ELECTROTECHNOLOGICAL COMPLEX**

V. Momotyuk, V. Kozyrsky

Annotation. *Energy audit bakery was spendened. So far, that the development of intellectual energy efficiency bakery management system will save energy, raw materials and labor costs.*

Key words: *energy audit, Bakery, intelligent control system, electro-technological complex*