

**КОНЦЕНТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО
КЕРУВАННЯ ВИПІЧКОЮ ХЛІБА З ВИКОРИСТАННЯМ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

В. В. Козирський, доктор технічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В.В. Момотюк, викладач

Мирогощанський аграрний коледж

e-mail: nni.elektrik@gmail.com

***Анотація.** Оцінено технологічні процеси виробництва хліба на сучасних виробництвах з точки зору їх енергозатратності та якості продукції. Дано опис узагальненої структури електротехнологічного комплексу хлібопекарського виробництва. На основі аналізу зроблено висновки щодо нерозривності та багатопараметричності процесів; встановлено передумови створення систем керування; узагальнено недоліки існуючих аналогів. Представлено структурну схему енергоефективної системи керування із використанням технологій штучного інтелекту.*

***Ключові слова:** хлібопекарське виробництво, енергоефективність, система керування, нейронна мережа, асортимент, вторинне тепло*

В Україні функціонує 205 спеціалізованих підприємств [1] різної форми власності, які об'єднують 384 хлібокомбінати, 168 кондитерських цехів, одну макаронну фабрику, чотири цехи і 86 діляниць з виробництва макаронних виробів. Провідними виробниками на ринку хліба в масштабах країни ось уже кілька років поспіль залишаються такі підприємства як ВАТ «Київхліб», ЗАТ «Укрзернопром», ВАТ «Концерн Хлібпром», ТОВ «Хлібні інвестиції».

Нині в хлібопекарській промисловості України необхідна ефективна політика модернізації галузі. Одним із таких напрямів є впровадження у

виробництво нових технологій, у тому числі енергоощадних та ресурсозберігаючих.

На хлібопекарські печі припадає основна частина енергоспоживання на підприємствах хлібопекарської промисловості, однак багато інших установок та обладнання також споживають велику кількість тепла та електроенергії [1-3]. Отже, для досягнення найбільшої економії необхідний комплексний підхід та проведення детального аналізу електротехнічного комплексу виробництва хлібобулочних виробів. У структурі енергоспоживання хлібопекарської галузі 5–10 % становить електроенергія, 90–95 % – паливо і теплоенергія [2].

Питома витрата електроенергії на ділянках зберігання і транспортування, оснащених вітчизняним обладнанням, значно вище, ніж на закордонних аналогах [1]. Незважаючи на такі обставини, українські промислові підприємства досі використовують енергоємне обладнання, встановлене більше двадцяти років тому – 48 % усього промислового обладнання в країні було встановлено до 1985 року.

Дослідження практики енергозбереження на закордонних хлібопекарських підприємствах показало [2, 4], що потенціал економії енерговитрат в середньому на 50-70 % вище, ніж нині, що визначає актуальність модернізації електротехнологічного комплексу.

Ключовою передумовою для енергоефективної модернізації електротехнологічних комплексів є така техніко-економічна залежність [2]: якщо енергетичні витрати хлібозаводу складають 2,5 % від сукупних витрат, а його прибуток дорівнює 5 % від обороту, то зниження енергетичних витрат на 10 % еквівалентно зростанню прибутку на 5 %.

Мета досліджень – обґрунтування та розробка концепції енергоефективного керування електротехнічним комплексом хлібопекарського виробництва.

Матеріали і методика досліджень. Виробництво хлібобулочних виробів можна розділити на такі етапи: зберігання і підготовка сировини до

виробництва, приготування тіста, розробка тіста, випікання тістових заготовок, охолодження і зберігання хліба (рис. 1).

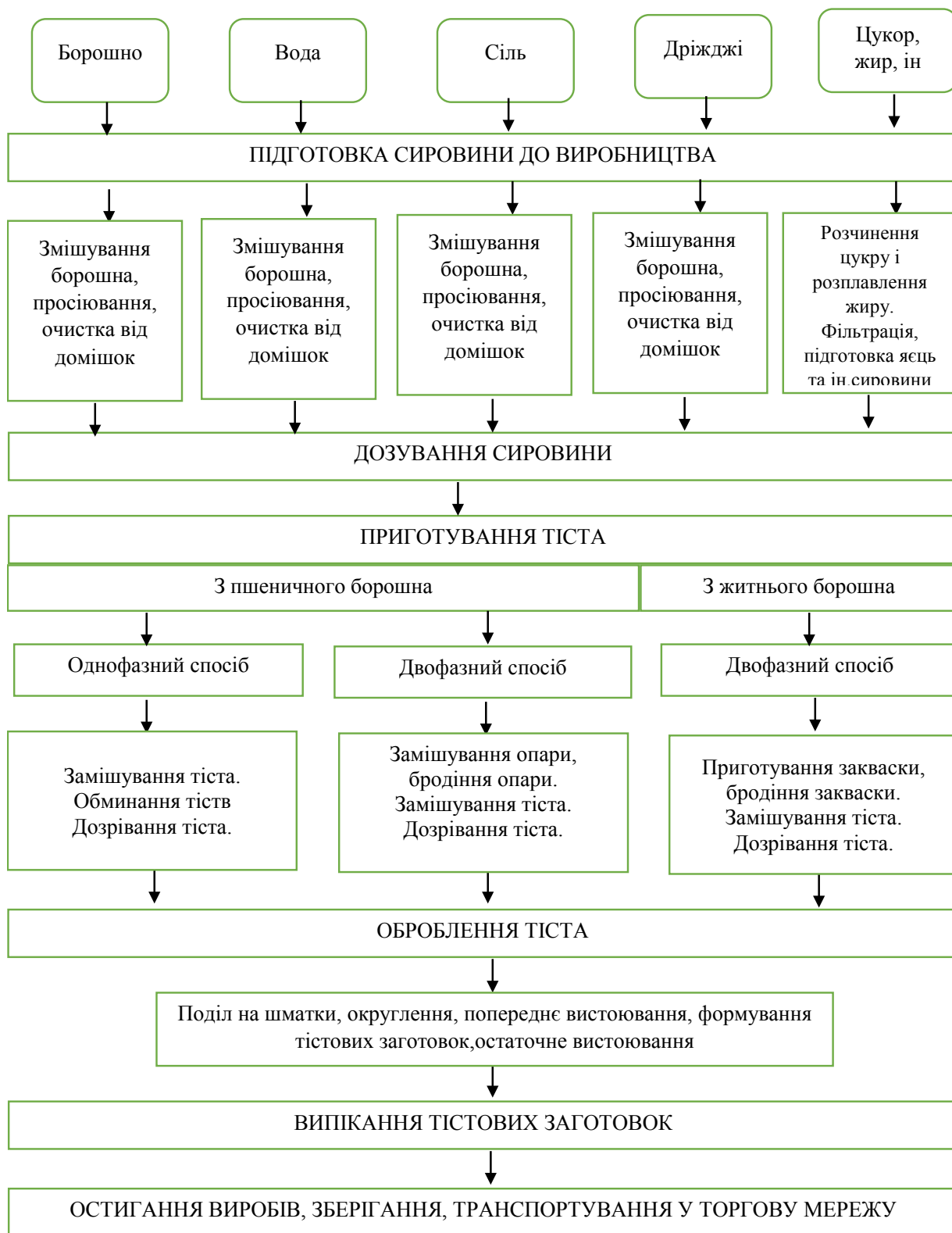


Рис. 1. Узагальнена функціональна схема хлібопекарського виробництва

Початковим етапом впровадження енергоефективних технологій на підприємствах хлібопекарської галузі є енергоаудит підприємства [4], в результаті якого підтверджено, що хлібопекарські печі є найбільшими споживачами електроенергії в хлібопекарській промисловості (більше 15 %) – температура при змішуванні із повітрям протитоку становить біля 400-500 °С [1].

Аналізуючи процес випікання хліба з точки зору системного аналізу, виявлено, що електротехнологічний комплекс хлібокомбінату в повній комплектації є складною системою, що складається з таких елементів: зберігання та дозування інгредієнтів (борошно, дріжджі, сіль тощо); заміс і оброблення тіста; розстійна шафа; хлібопекарська піч; охолодження готових виробів; упаковка; зберігання готової продукції; система водопостачання; пароконденсатна система, котельня; система повітропостачання; система холодопостачання.

Встановлені технологічними передумовами побудови системи керування хлібопекарським виробництвом [3,4]:

- нерозривність технологічної лінії;
- перспективи підвищення якості випічки – випічка хліба першокласної 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 в залежності від вимог експедиції (асортименту);
- необхідність забезпечення мінімізації енергетичних витрат (1 тонна хліба – витрати природного газу менші, ніж 35-45м³ (або згідно еквіваленту затрат електроенергії).

Аналіз існуючих розробок в області керування хлібопекарським виробництвом виявив їх ключові недоліки [1,3]:

- не враховуються взаємозв'язки між окремими технологічними вузлами, що спричиняє надлишкові затрати енергії на виробництво продукції;

- неузгодженість між функціональними параметрами обладнання та асортиментним планом підприємства;

- не врахування у роботі технологічних ліній можливості адаптивної комбінації у режимі реального часу використовуваних вторинних енергоносіїв, наприклад для розстійних шаф, із обов'язковим врахуванням зонності електротарифу;

Тобто актуальною задачею є удосконалення існуючих електротехнологічних комплексів хлібокомбінатів шляхом створення систем керування хлібопекарськими печами та обладнання повторного використання вторинного тепла в технологічних процесах (когенераційні установки) із врахуванням: асортименту продукції на поточну добу (ступеня завантаженості обладнання) та зонності тарифів на електроенергію (рис. 2).

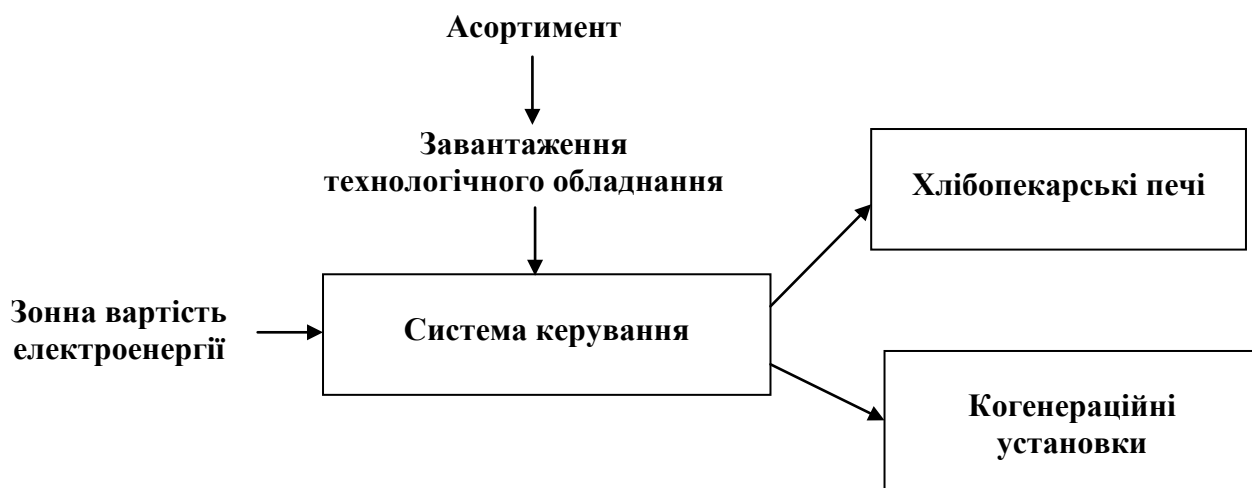


Рис. 2. Структура системи енергоефективного керування електротехнічним комплексом хлібокомбінату

Аналізуючи структуру системи керування (див. рис. 2) очевидно, що асортиментне завдання залежить від ринкових потреб, вносить елементи невизначеності та розмитості вхідної інформації, тобто при її синтезі та штатній експлуатації потрібно використовувати математичний апарат систем штучного інтелекту, наприклад, на основі штучних нейронних мереж [5].

Поетапні дії системи керування технологічним обладнанням (рис. 3):



Рис. 3. Концепція енергоефективного керування процесом випічки хліба

1. Отримання асортиментного завдання на добу;
 2. Розрахунок тривалості та енергозатратності випікання хлібопекарської продукції заданого асортименту;
 3. Розрахунок кількості тепла, яке передається від печі до когенераційної установки;
 4. Визначення технологічних вузлів електротехнологічного комплексу, куди направлятиметься згенерована на вторинному теплі енергія – залежно від асортиментного завдання (завантаженості обладнання) та дії зонних тарифів
- Формування таких завдань вимагатиме отримання:

- Адекватної математичної моделі хлібопекарської печі як об'єкта керування;
- Формування оптимальної вибірки, згідно якої буде формуватись керуючий вплив щодо розподілу енергії отриманої на основі вторинного тепла печі;
- Синтез енергоефективної нейромережевої системи керування електротехнологічних комплексом випічки хліба, із врахуванням зонної вартості електроенергії.

Висновки

Результати оцінки функціонування сучасних хлібопекарських комплексів та аналіз технологічних процесів продемонстрували, що перспективним напрямком підвищення енергоефективності виробництва хліба є створення на основі технологій штучного інтелекту систем керування хлібопекарськими печами та когенераційними установками (використання вторинного тепла) з врахуванням асортименту та вартості електроенергії в різні добові проміжки.

Список літератури

1. Дробот В. І. Технологія хлібопекарського виробництва / В. І. Дробот. – К.: Логос, 2002. – 365 с.
2. Дробот В. І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва / В. І. Дробот. – К.: Руслана, 1998. – 415 с.
3. Ауэрман Л. Я. Технология хлебопекарного производства / Л. Я. Ауэрман. – М.: ЛПИХП. – 1984. – 405 с.
4. Кравчук Р. К. Автоматизация предприятий хлебопекарной промышленности Украины / Р. К. Кравчук // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. – Х.: ХНУ. – 2014. – № 17.– С. 29-32.
5. Круглов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В.В. Круглов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 382 с.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВЫПЕЧКОЙ ХЛЕБА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В.В. Козырский, В.В. Момотюк

Аннотация. *Оценены технологические процессы производства хлеба на современных производствах с точки зрения их энергозатратности и качества продукции. Создана обобщенная структурная схема электротехнологического комплекса хлебопекарного производства. На основе анализа сделаны выводы относительно неразрывности и багатопараметричности процессов; установлено предпосылки создания систем управления; обобщенно недостатки существующих аналогов. Представлена структурная схема энергоэффективной системы управления с использованием технологий искусственного интеллекта.*

Ключевые слова: *хлебопекарное производство, энергоэффективность, система управления, нейронная сеть, ассортимент, вторичное тепло*

CONCEPTUAL FRAMEWORK OF ENERGY EFFICIENT BAKING BREAD CONTROL WITH INTELLIGENT TECHNOLOGY

V. Kozyrsky, V. Momotyuk

Annotation. *Reviewed bread production processes in modern factories in terms of energy efficiency and quality. The generalized structural scheme of electro-technological complex of bakery production. Based on a systematic analysis of the conclusions about continuity and complexity processes; background of installed control systems; summarizes the shortcomings of existing analogues. The block diagram of energy efficient control systems using artificial intelligence technologies.*

Key words: *bakery production, energy efficiency, control system, neural network, range, waste heat*