

С.С. ШАРУДА, аспірант
В.Д. КИШЕНЬКО, кандидат технічних наук
Національний університет харчових технологій

БАГАТОЦІЛЬОВЕ УПРАВЛІННЯ ХЛІБОПЕКАРСЬКИМ ВИРОБНИЦТВОМ

Проведено аналіз технологічних процесів хлібопекарського виробництва як складної системи. Розглянуто постановку задачі багатоцільового управління з виділенням цілей функціонування підприємства та методів багатокритеріальної оптимізації.

Ключові слова: складна система, багатокритеріальна оптимізація, часткові критерії, невизначеність, ранжування критеріїв, сценарії управління.

Проведен анализ технологических процессов хлебопекарного производства как сложной системы. Рассмотрена постановка задачи многоцелевого управления с выделением целей функционирования предприятия и методов многокритериальной оптимизации.

Ключевые слова: сложная система, многокритериальная оптимизация, частные критерии, неопределенность, ранжирование критериев, сценарии управления.

У зв'язку з бурхливим розвитком технічних засобів (мікропроцесорних пристроїв, електронно-обчислювальних систем і т.п.) з'явилась можливість створювати складні системи управління. Позитивною тенденцією є впровадження комплексних автоматизованих ліній, що забезпечують автоматизацію усіх технологічних процесів і створюють єдину діючу систему управління. Такі системи автоматизації найчастіше складаються у вигляді багатоступеневих детермінованих структур, послідовно здійснюючих усі необхідні функції контролю і управління процесами.

До того ж, стало реальним об'єднання управління технологічним процесом і всім виробництвом в одній загальній системі управління. Такі системи прийнято називати комп'ютерно-інтегровані системи управління (КІСУ). Комп'ютерно-інтегроване виробництво можна визначити як єдину систему, що об'єднує різні підрозділи підприємства.

Технологічний процес виробництва хліба являє собою сукупність окремих, головним чином послідовних операцій. Ефект кожної операції визначається не лише

даною операцією, але й результатом впливу на продукт попередньої та наступної операції.

Особливостями процесів в хлібопекарській промисловості є велика кількість зв'язків між параметрами стану об'єктів; високий рівень похибок вимірювання технологічних параметрів, а іноді і неможливість проведення вимірювань; необхідність прийняття рішень в умовах неповної інформації про стан об'єкту.

В такому випадку використання лише традиційних підходів до управління технологічним процесом не може повністю задовольнити усіх поставлених вимог до системи автоматичного регулювання.

Технологічні процеси хлібопекарського виробництва є досить складними. Одним із проявів цієї складності є багатоцільова поведінка, яка полягає у необхідності забезпечення високої якості продукції при найвищій продуктивності і найнижчих питомих втратах борошна та витратах енергоресурсів. Тому необхідно здійснити багатоцільову оптимізацію, яка дозволить реалізувати поставлені задачі управління найкращим чином.

Підвищення продуктивності в хлібопекарській галузі, розробка нової технології, спрямованої на поліпшення якості і підвищення ефективності виробництва — все це потребує застосування систем управління на основі новітніх методів та систем автоматизації і наукових досліджень.

Вибір методів управління технологічним процесом при його розробці визначають такі основні фактори [1, 5]: вид виробництва, характер технологічного процесу (неперервний, дискретний, змішаний); засоби здійснення технологічного процесу (обладнання, засоби вимірювання та контролю якості); ступінь автоматизації технологічного процесу; закономірності зміни параметрів, за якими виконується управління процесом; метод контролю параметрів; спосіб реалізації управляючих впливів; конструкція керуючого пристрою, спосіб передачі інформації про хід технологічного процесу пристрою управління.

Для достатньо складних технологічних процесів хлібопекарського виробництва не завжди вдається однозначно виділити якийсь один головний критерій. Як правило, такі процеси характеризуються сукупністю часткових критеріїв, які часто суперечать один одному, коли покращення по одному з показників, веде до погіршення іншого, і навпаки. Крім того, досить часто критерії та обмеження задаються на вербальному рівні у вигляді тверджень загального характеру про перевагу певного параметру на певному діапазоні. При підвищенні складності задачі роль такої якісної інформації зростає та стає визначальною.

В задачах оптимізації при наявності всього лише двох критеріїв наявні суб'єктивні фактори, пов'язані, наприклад, з ранжуванням критеріїв [4]. Не викликає сумніву те, що подібних труднощів можна уникнути шляхом спрощення постановки задачі. Наприклад, виділивши головний критерій, інші розглядати як обмеження, або використати метод поступових уступок. Однак все це не виключає якісні, суб'єктивні елементи, а лише переносить їх з постановки задачі на етап аналізу результатів.

Таким чином, джерелом нечіткої інформації в задачах багатокритеріальної оптимізації є необхідність ранжування часткових критеріїв та невизначеність при їх описі. Важливість врахування якісної інформації відзначалась багатьма вченими, що відобразилось в активних пошуках її формалізації. Найбільшої популярності здобули методи формалізації нечітких, якісних характеристик запропоновані Л.А. Заде [3]. Теорія нечітких множин виявилась найбільш ефективним засобом постановки задачі багатокритеріальної оптимізації при наявності невизначеностей нестатистичного характеру для роботи з об'єктами лінгвістичної природи.

Як відомо, основними питаннями задач багатокритеріальної оптимізації є: постановка задачі, формування множини варіантів реалізації рішень, структуризація цілей і визначення критеріїв, оцінка відносної важливості критеріїв, виділення підмножини оптимальних за Парето рішень, опис відносин пере-

ваги, врахування умов випадковості і невизначеності, обґрунтування принципу оптимальності і ухвалення остаточного рішення.

Отже, потрібно знайти оптимальне рішення, якщо задана кінцева множина варіантів (альтернатив) реалізації рішень; простір реалізації рішень.

При формуванні множини варіантів реалізації рішень, величезний збиток від наслідків помилкового рішення змушує проводити порівняльний аналіз декількох варіантів технічних рішень. При цьому, всі варіанти задовольняють встановленим вимогам (обмеженням), але в різному ступені і розглядаються як можливі способи досягнення поставлених цілей. Питання про формування варіантів рішень надзвичайно важливе. Якщо список варіантів неповний або погано продуманий, то навряд чи може йти мова про якісний аналіз і тим більше про ефективний вибір остаточного варіанту рішення.

Для хлібопекарського виробництва виділено такі цілі його функціонування: підвищення якості продукції, продуктивності технологічних ліній, зменшення втрат. Вихідний контролюючий параметр, що характеризує ступінь досягнення підцілі поставленої цілі, будемо називати критерієм.

При використанні декількох критеріїв в задачах оптимізації:

- знімається проблема невизначеності вибору оптимального технічного рішення;
- відпадає необхідність в декомпозиції комплексної оптимізації режимів;
- забезпечується поліпшення режиму в цілому по вектору критеріїв, що характеризують надійність (стійкість), якість, економічність.

Задана множина можливих рішень $\Gamma_x \subset E^n$ складається з векторів $x = \{x_k\}_{k=1}^n$, n — мірного евклідового простору. По фізичній природі задачі заданий векторний зв'язок $V_x \leq 0$. Рішення ухвалюється при зовнішніх діях, що описуються вектором r , заданим на множині можливих чинників R . Ситуація, яка складається з ухваленням багатокритеріального рішення в заданих умовах, характеризується декартовим добутком $C = R \mid \Gamma_x$.

Якість рішення оцінюється по сукупності суперечливих часткових критеріях, які створюють s -вимірний вектор $y(x) = \{y_k(x)\}_{k=1}^s \subset F$, який визначений на множині Γ_x . Вираз $y \in F$ означає приналежність вектора y класу F допустимих векторів ефективності. Вектор часткових критеріїв обмежений допустимою областю: $y \in Y$.

Необхідно визначити таке рішення $x^* \in \Gamma_x$, яке за заданих умов, зв'язків і обмежень оптимізує вектор ефективності $y(x)$.

Для конструктивного вирішення поставленої задачі необхідно здійснити структуризацію деяких понять. Для цього слід зробити додаткові часткові припущення, що допомагають розв'язати наступні проблеми векторної оптимізації:

- визначення області рішень, оптимальних за Парето;
- вибір схеми компромісів;

нормалізацію часткових критеріїв;
облік пріоритету часткових критеріїв.

Аналізувати і співставляти компоненти вектора $y(x)$ можна тоді, коли всі критерії мають однакову розмірність. Проте в загальному випадку часткові критерії можуть мати різну фізичну природу, а також одна частина з них може мінімізуватися, а інша — максимізуватися, тому їх необхідно приводити до безрозмірної форми і єдиного способу екстремізації [6].

Приведення критеріїв до безрозмірної форми (нормалізація) необхідне не тільки з міркувань зручності поводження з ними, але і тому, що більшість схем компромісів має сенс лише в нормалізованому просторі критеріїв. Крім того, рішення задачі параметричного програмування для визначення множини ефективних точок (області Парето) можливе тільки за умови приведення всіх критеріїв до єдиної розмірності або безрозмірної форми.

При нормалізації кожен частковий критерій піддається деякому перетворенню, задовольняючій наступній основній вимозі: рішення, одержане в нормалізованому просторі критеріїв, не повинне змінюватися при переході до початкового простору приватних критеріїв.

Область Γ_x допустимих рішень складається з двох непересічних частин; області згоди Γ_x^n і області компромісів Γ_x^k (область Парето, множина ефективних точок, непокриваних рішень). В області згоди, якість рішення можна поліпшити одночасно по всіх критеріях, в області компромісів за поліпшення якості рішення по одних критеріях обов'язково доводиться розплачуватися погіршенням по інших (хоча б по одному з них).

Зрозуміло, що шукане рішення може належати тільки області компромісів $x^* \in \Gamma_x^k$, адже якщо рішення можна поліпшити по всіх критеріях одночасно, то воно не є оптимальним. Приналежність рішення області компромісів прийнято називати оптимальністю за Парето. Для забезпечення парето-оптимальності слід вимагати, щоб рішення по одній схемі компромісів виконувалося строго, а решта моделей задовольнялася за умови його виконання [1].

Оскільки процес виробництва хліба складається з послідовних технологічних операцій, в даній статті розглянуто процес приготування опари та процес приготування тіста [2].

Критеріями оптимізації для процесу приготування опари є:

якість — інтенсивність бродіння опари, $\frac{\text{мл CO}_2}{\text{кг} \cdot \text{хв}}$

$$I_{\text{бр.оп}} = f(t_{\text{оп}}, W_{\text{оп}}, \tau_{\text{бр.оп}}) \quad (1)$$

продуктивність — тривалість бродіння опари, год

$$\tau_{\text{бр.оп}} = f(t_{\text{оп}}, W_{\text{оп}}) \quad (2)$$

втрати, %

$$W_{\text{тр}} = f(t_{\text{оп}}, W_{\text{оп}}, \tau_{\text{бр.оп}}) \quad (3)$$

де $t_{\text{оп}}$ — температура опари, °C; $W_{\text{оп}}$ — вологість опари, %.

Критеріями оптимізації для процесу приготування тіста є:

якість — окисно-відновний потенціал, мВ

$$Eh = f(t_{\text{т}}, A_{\text{пит.т}}, \tau_{\text{бр.т}}, pH_{\text{оп}}, I_{\text{бр.оп}}) \quad (4)$$

продуктивність — тривалість бродіння тіста, год

$$\tau_{\text{бр.т}} = f(t_{\text{т}}, A_{\text{пит.т}}) \quad (5)$$

втрати, %

$$W_{\text{тр}} = f(t_{\text{т}}, A_{\text{пит.т}}, \tau_{\text{бр.т}}, I_{\text{бр.оп}}) \quad (6)$$

де $t_{\text{т}}$ — температура тіста, °C; $A_{\text{пит.т}}$ — питома робота, кДж; $pH_{\text{оп}}$ — кислотність опари, %.

На рис. 1 показана зміна якісного показника процесу приготування опари. Дана модель була побудована за сценарієм і відповідає області зміни параметру нечіткого поняття інтенсивність бродіння опари «висока». А саме, температура опари «висока», вологість опари «норма», тривалість бродіння «нетривала».

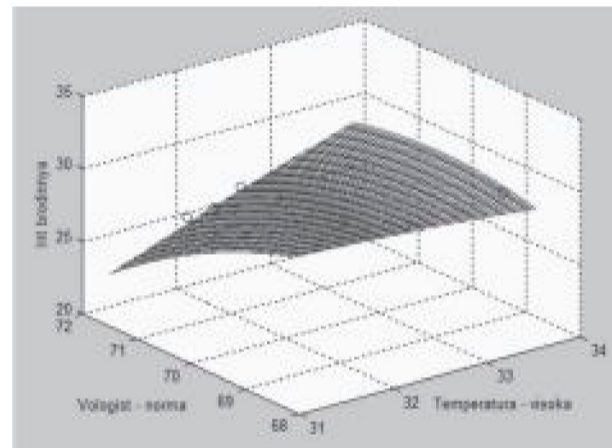


Рис. 1. Модель інтенсивності бродіння опари

На рис. 2 показана зміна продуктивності процесу приготування опари. Дана модель відповідає області зміни параметру нечіткого поняття тривалість бродіння опари «нетривала», а також, температура опари «норма», вологість опари «низька».

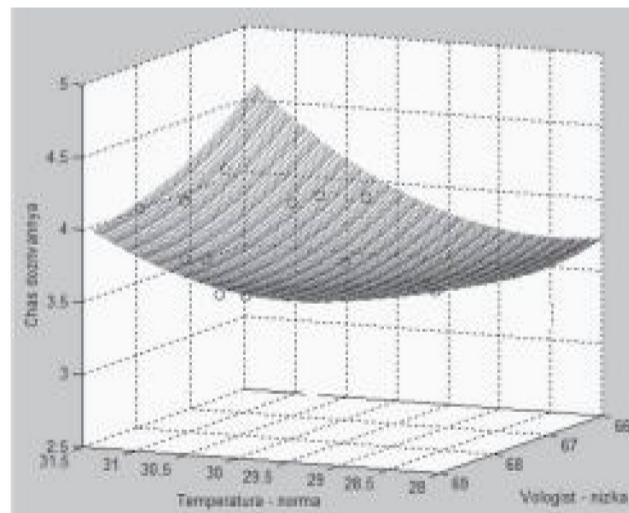


Рис. 2. Модель тривалості бродіння опари

Зміна втрат під час процесу приготування тіста показана на рис. 3. Дана модель відповідає області зміни параметру нечіткого поняття втрати «середні». А саме, температура тіста «низька», робота «норма», інтенсивність бродіння тіста «висока», тривалість бродіння тіста «нормальна».

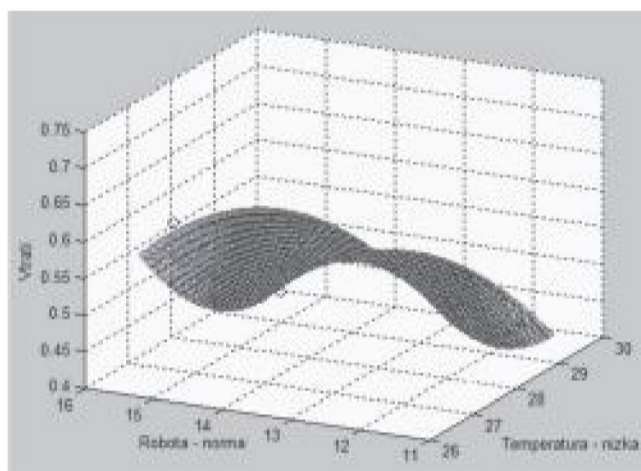


Рис. 3. Модель втрат при приготуванні тіста

Не можна оптимізувати якийсь певний показник ефективності функціонування технологічної ділянки хлібопекарського виробництва, так як всі показники взаємопов'язані.

Висновок. Саме теорія нечітких множин дозволяє враховувати при побудові модулі управління нечітко задану, якісну інформацію. А враховуючи наявність невизна-

ченостей, які властиві хлібопекарському виробництву, коли цілі функціонування підприємства можуть змінюватись, доцільно використовувати сценарний підхід, який дозволяє вести процес в залежності від ситуації, що склалася в поточний момент часу на виробництві.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Многокритериальный синтез динамических систем*/Вороний А. Н.; Отв. ред. Павлов В.В.; АН Украины. Ин-т кибернетики. им. В. М. Глушкова. — К.: Наук. думка, 1992. — 160 с.
2. *Дробот В.І.* Технологія хлібопекарського виробництва. — К.: Логос, 2002. — 365 с.
3. *Заде Л.* Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. — М.: Мир, 1976. — 167 с.
4. *Севастьянов П.В., Туманов Н.В.* Многокритериальная идентификация и оптимизация технологических процессов. — Мн.: Наука и техника, 1990.— 224с.
5. *Таха Х.О.* Введение в исследование операций. — М.: Мир, 2001.— 192с.
6. *С.С. Шаруда, В.Д. Кишенько* Оцінка показників якості хлібопекарської продукції методами кваліметрії та багатомірного шкалювання //Харчова промисловість.-2008.-№6. — с.19—22.

Одержана редколлегиею 27.06.08р.