

УДК 681.5:664.6

С. М. Швед;

І. В. Ельперін, канд. техн. наук, доц.

ПІДХОДИ ДО АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

Наведено основні якісні характеристики борошна та параметри технологічних процесів, які впливають на якість готового виробу. Розглянуто необхідність прогнозування результатів виконання основних технологічних операцій. Запропоновано підходи до автоматизованого управління якістю хлібобулочних виробів.

Вступ та постановка задачі

Хлібопекарське підприємство можна віднести до складної системи, оскільки йому притаманні: структурна складність, складність функціонування, складність вибору поведінки в багатоальтернативних ситуаціях та складність розвитку.

Одночасний та взаємопов'язаний перебіг основних процесів є серйозним фактором, що ускладнює кількісну оцінку хлібопекарського виробництва. В хлібопекарській промисловості основна сировина може відрізнятися своїми якісними характеристиками. Широкий діапазон зміни якості сировини суттєво впливає на перебіг технологічного процесу, і таким чином, здійснює постійні збуджуючі дії, які ускладнюють управління процесом. Під час виробництва хлібобулочних виробів усі технологічні показники умовно можна розподілити на чотири групи:

- показники, які періодично вимірюються в лабораторіях і мають чітке значення;
- показники, які вимірюються неперервно, безпосередньо на технологічній лінії і мають чітке значення;
- показники, які вимірюються органолептично (визначаються в лабораторіях або безпосередньо на технологічній лінії) і мають лінгвістичне значення;
- показники, які є розрахунковими (мають чітке значення) і залежать від фізико-хімічних властивостей сировини, стандартів на заданий сорт виробів, нормативної рецептури на 100 кг борошна, способу приготування тіста, виду розпушувача, виду поліпшувачів, що використовують.

Останнім часом широко використовуються комплексні багатокомпонентні поліпшувачі. Завдяки синергізму складових поліпшувача доза окремого компоненту зменшується вдвічі. Регулювання технологічних процесів виробництва хлібобулочних виробів можна здійснити такими шляхами: застосуванням технологічних прийомів; застосуванням поліпшувачів.

Поліпшувачі за своєю дією поділяються на п'ять основних груп певної та комплексної дії, які можуть містити від десятків до сотень складових. В зв'язку з цим навіть досвідченому спеціалісту важко утримувати всю інформацію в пам'яті, тим більше оперативної її використовувати. Ця задача може бути розв'язана шляхом застосування персональних комп'ютерів та створення баз даних наявних поліпшувачів.

На рис. 1 показана структурна схема впливу показників якості борошна на показники якості готового продукту. При цьому розглядалися показники, які не вимагають інструментальних засобів вимірювання і можуть бути визначені працівниками заводу: пористість, об'єм та форма готового виробу, структура м'якушки, колір скоринки, смак та аромат.

Для недопущення випуску бракованої продукції та отримання хлібобулочних виробів задовільної якості з борошна з пониженими хлібопекарськими властивостями можна регулювати перебіг технологічних процесів за допомогою різних технологічних прийомів.

Параметри технологічного процесу, такі як параметри зберігання сировини, тривалість замісу, температура тіста, температура, вологість та тривалість вистоювання, температура та тривалість випікання також впливають на якість готового продукту (рис. 2).

До специфічних особливостей хлібопекарських підприємств слід віднести необхідність дотримання безперебійного режиму роботи, дотримання певного технологічного режиму, обмеження строку зберігання продукції.

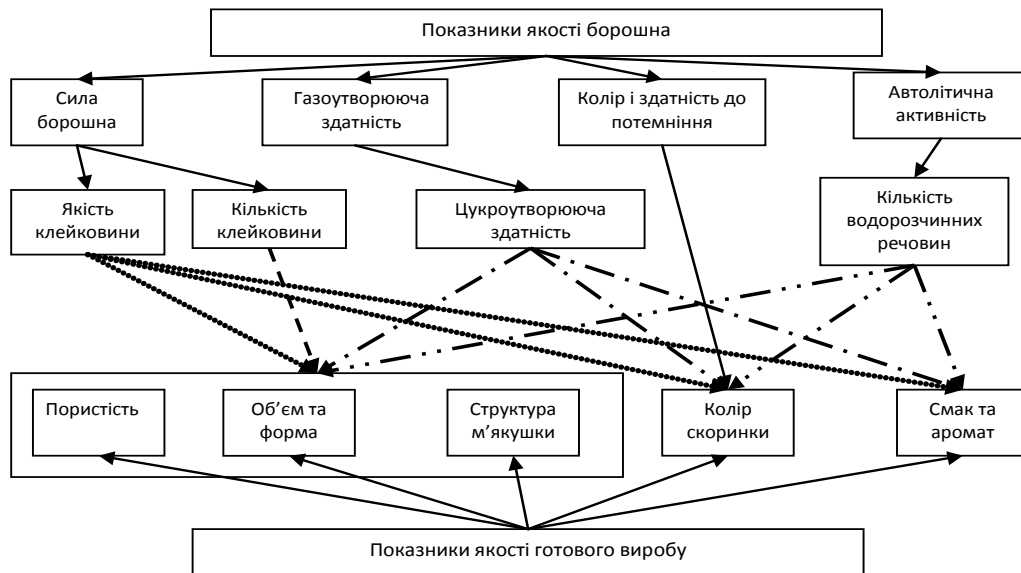


Рис. 1. Структурна схема впливу показників якості борошна на показники якості готової продукції

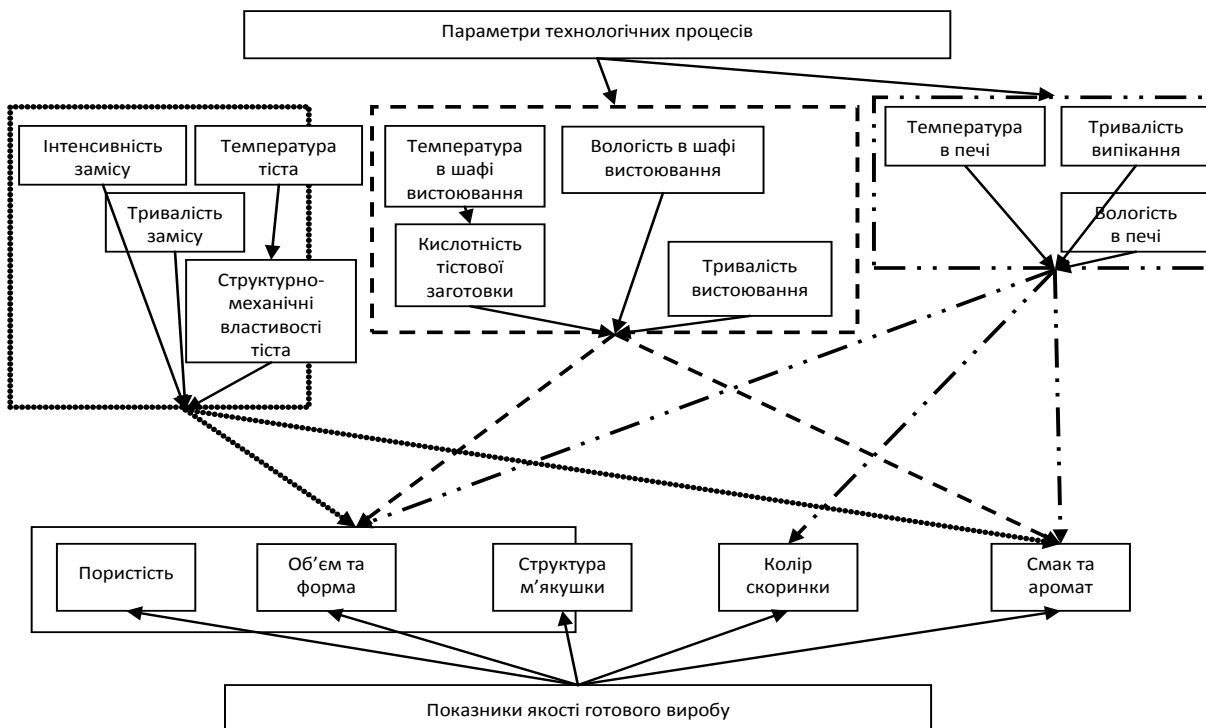


Рис. 2. Структурна схема впливу параметрів технологічних процесів на показники якості готової продукції

Збільшення асортименту продукції, технологічного оснащення виробництва, інтенсифікація технологічних процесів ускладнюють управління хлібокомбінатами та підтримку оптимальних режимів роботи. В зв'язку з цим актуальності набувають питання оптимального управління технологічними процесами та можливість прогнозування якості хлібобулочних виробів у разі зміни різних збуджуючих факторів і разом з цим зменшення ризиків в процесі управління технологічними комплексами хлібокомбінату, матеріально-виробничими запасами. Невизначеність дій зовнішнього середовища та відсутність інформації про стан спостережуваного об'єкта за тих чи інших зовнішніх та внутрішніх умов робить задачу прогнозування частиною складного, не завжди алгоритмізованого процесу, яку можна розв'язати шляхом використання нейронних чи (та) нейро-нечітких мереж.

Таким чином, постає задача прогнозування результату перебігу основних технологічних процесів виробництва хлібобулочних виробів за вхідними параметрами системи. Для складних багатого-

пераційних виробництв, до яких належить хлібопекарська промисловість, точність прогнозування очікуваних характеристик готового виробу має велике значення, зумовлене тим, що методи та моделі прогнозування якісних характеристик можуть використовуватись для розв'язання задач аналізу та синтезу технологій виробництва, а також для оцінки адекватності систем управління. Саме тому, за мету обрано дослідження можливості застосування нейронних та нейро-нечітких мереж для прогнозування результатів перебігу основних технологічних процесів та якості хлібо-булочних виробів.

За оперативного управління технологічними процесами хлібопекарського виробництва виникає необхідність оцінки можливості, ризику та необхідності переходу роботи дільниць з фактичного на оптимальний; моделювання процесу зміни режиму роботи за заданим алгоритмом; багатокритеріального пошуку оптимального алгоритму управління для зміни режиму роботи; оперативної корекції технологічного режиму у разі зміни технологічних умов.

Серед основних задач автоматизації [1] слід виділити інформаційні задачі, до яких належать: розрахунок рецептур, проектування хлібобулочних виробів зі збалансованим хімічним складом, прогнозування якості напівфабрикатів та готової продукції. На цей момент саме питання прогнозування якості малодосліджене (в основному лише за одним параметром), так, отримані математичні залежності витрати механічної енергії на заміс та властивості тіста [2], математична модель якості хлібопекарського тіста за показниками вологості, титрованої кислотності та температури тіста [3], вплив частоти обертів місильних машин, тривалості замісу на в'язкість тіста на якість хліба [4]. Саме тому, задача прогнозування якості напівфабрикатів та готового виробу є актуальною.

Для розв'язання поставленої задачі необхідно розробити систему оперативної корекції з підсистемою прогнозування якості напівфабрикатів та готового виробу.

Використовуючи експериментальні дані та експертні знання, які характеризують залежність напівфабрикатів та готової продукції від хлібопекарських властивостей борошна, можна змоделювати технологічний процес та отримати автоматизований прогноз якості готових виробів.

Позначимо вектор параметрів борошна \overline{F}_1 , вектор параметрів технологічного процесу \overline{F}_2 , вектор параметрів якості готових виробів \overline{F}_3 , вектор параметрів поліпшувачів \overline{F}_4 , а всі інші параметри (рецептура, спосіб приготування тіста) у вигляді вектора параметрів \overline{F}_k . Таким чином можна записати вираз

$$\overline{F}_3 = f_i(\overline{F}_1, \overline{F}_2, \overline{F}_4, \overline{F}_k), \quad i = 1, 2, 3, 4. \quad (1)$$

Нехай $\overline{F}_k = \text{const}$ (фіксований вид технологічного процесу, прийнята рецептура), тоді

$$\overline{F}_3 = f_i(\overline{F}_1, \overline{F}_2, \overline{F}_4), \quad i = 1, 2, 3. \quad (2)$$

В такому випадку можливі декілька незалежних варіантів прогнозування якості готових хлібо-булочних виробів:

1) прогнозування якості за параметрами борошна:

$$\overline{F}_3 = f_1(\overline{F}_1); \quad \overline{F}_2 = \text{const}; \quad \overline{F}_4 = 0, \quad (3)$$

де f_1 — оператор прямого перетворення за борошном.

2) прогнозування якості за параметрами борошна зі зміною режимів прийнятого технологічного процесу:

$$\overline{F}_3 = f_2(\overline{F}_1, \overline{F}_2), \quad i = 2; \quad \overline{F}_4 = 0, \quad (4)$$

де f_2 — оператор прямого перетворення за режимами технологічного процесу.

3) прогнозування якості за параметрами борошна з урахуванням додавання поліпшувачів у разі незмінного режиму технологічного процесу:

$$\overline{F}_3 = f_3(\overline{F}_1, \overline{F}_4), \quad i = 3; \quad \overline{F}_2 = \text{const}, \quad (5)$$

де f_3 — оператор прямого перетворення з урахуванням поліпшувачів.

4) оптимальне прогнозування за параметрами борошна з урахуванням додавання поліпшувачів

та змін режимів прийнятого технологічного процесу:

$$\overline{F}_3 = f_4(\overline{F}_1, \overline{F}_2, \overline{F}_4); \quad \overline{F}_2 \neq \text{const}; \quad \overline{F}_4 \neq \text{const}, \quad i = 3, \quad (6)$$

де f_4 — оператор прямого перетворення за борошном з урахуванням поліпшувачів та режимів технологічного процесу.

Під час прогнозування, класифікації та управління технологічними процесами хлібопекарського виробництва доцільно використовувати нейронні мережі, тому що зв'язки між вхідними та вихідними параметрами системи мають складну структуру. Перевагою нейронних мереж є можливість самонавчання, за рахунок якого можна спрогнозувати вихідний параметр у разі непередбачуваної зміни вхідних [5, 6].

Нейронні мережі та інформаційні системи з нечіткою логікою мають специфічні особливості: є можливість навчання, процес розв'язання задач системами з нечіткою логікою «прозорий» для пояснення висновків. Поєднання названих підходів дозволяє здійснювати ефективне прогнозування та управління технологічними процесами виробництва хлібобулочних виробів.

Застосування нейронних мереж та нечітких моделей під час управління та контролю перебігу технологічних процесів не вимагає відмови від існуючих математичних моделей процесів: їх можна ускладнювати, наприклад, представленням коефіцієнтів та параметрів у рівняннях у вигляді нечітких множин. Впровадження нейронних та нейро-нечітких мереж дозволить підвищити якісні характеристики готових виробів, їх вихід, вести контроль за станом технологічного обладнання та перебігом технологічних процесів за рахунок формалізації досвіду експертів, врахування неповноти та нечіткості інформації.

Таким чином, здійснено аналіз технологічних процесів, обладнання, параметрів та методів контролю, що дозволив знайти залежності між кількісними показниками перебігу цих процесів та виділити задачі, які найбільше впливають на ефективність роботи підприємства.

Висновки

В статті наведені структурні схеми впливу показників якості борошна та параметрів технологічного процесу на якість готових хлібобулочних виробів. Обґрунтовано можливість застосування апарату нейронних та нейро-нечітких мереж для прогнозування результатів перебігу основних технологічних процесів та якості хлібобулочних виробів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Швед С. М. Методи підвищення якості продукції підприємств хлібопекарської промисловості / С. М. Швед, І. В. Ельперін // Новітні технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів: сьогодення та перспективи : тези доп. Міжнар. наук. -практ. конф., 27—28 вересня 2010 р. — Частина 2. — Київ : НУХТ, 2010. — С. 56—57.
2. Кишенько В. Д. Автоматичне управління процесами приготування тіста в хлібопекарському виробництві : дис. канд. техн. наук / В. Д. Кишенько. — К., 1995. — 294 с.
3. Устинов Ю. В. Разработка объективных способов определения качества и готовности пшеничных полуфабрикатов хлебопекарного производства для регулирования технологического процесса : дис. канд. техн. наук / Ю. В. Устинов. — К., 1981. — 236 с.
4. Автоматическое регулирование реологических свойств тестовых заготовок / [А. А. Карнаух, К. В. Коновалов, В. Г. Юрчак, Е. Н. Пивень] // Пищевая промышленность. — 1983. — № 4. — С. 51—52.
5. Боровиков В. П. Нейронные сети. STATISTICA Neural Networks: Методология и технология современного анализа данных; / В. П. Боровиков. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Горячая линия-Телеком, 2008. — 392 с.
6. Назаров А. В. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем / А. В. Назаров, А. И. Лоскутов. — СПб. : Наука и Техника, 2003. — 384 с.

Рекомендована кафедрою автоматки та інформаційно-вимірювальної техніки

Стаття надійшла до редакції 4.03.11
Рекомендована до друку 14.03.11

Швед Сергій Миколайович — асистент, **Ельперін Ігор Володимирович** — професор.

Кафедра автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих технологій, Національний університет харчових технологій, Київ