

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ХЛІБОПЕКАРСЬКИМ ВИРОБНИЦТВОМ

І. ЕЛЬПЕРІН,
кандидат технічних наук,
професор,
С. ШВЕД, асистент
Національний університет
харчових технологій
(м. Київ)

Хлібопекарська промисловість це одна із найважливіших галузей харчової промисловості, яка повинна забезпечити населення основним продуктом харчування - хлібом, за рахунок вживання якого людина майже наполовину задовольняє свою потребу у вуглеводах, на третину - в білках, більше ніж на половину - у вітамінах групи В, солях фосфору та заліза.

Незважаючи на просту машинно-апаратну схему і добре відому технологію виготовлення хлібобулочних виробів [1], процес виробництва хліба можна віднести до середнього рівня складності серед харчових виробництв, а за природою явищ, що протікають в сировині, напівфабрикатах та продукції - до достатньо складних мікробіологічних, біохімічних, фізико-хімічних, масообмінних, теплообмінних та механічних процесів.

Безумовно, що як і для інших харчових виробництв, основним показником його

ефективності є якість готової продукції, яка залежить від багатьох факторів серед яких можна виділити якість сировини. Саме нестабільні показники хлібопекарських властивостей борошна вимагають прийняття оперативних рішень щодо застосування добавок-поліпшувачів та корегування технологічних режимів процесу виготовлення хлібобулочних виробів.

Аналіз процесу приготування хлібобулочних виробів проведений з використанням методології SADT (Structured Analysis and Design Technique) [2] показав, що технологічний процес

приготування хлібобулочних виробів складається з послідовності окремих операцій кожна із яких, у відповідності з технологічним регламентом, повинна завершитись отриманням напівпродукту з відповідними технологічними показниками. На кожній стадії процесу протікають досить складні за природою процеси, результати яких практично неможливо передбачити. Якщо на якійсь із стадій відбудеться суттєве відхилення від норми, про що будуть свідчити значення параметрів процесу, більшість з яких не підлягає інструментальному контролю,



Рис. 1. Алгоритм вибору рекомендованого поліпшувача

це може призвести до суттєвого погіршення якості готового продукту. Для того щоб цього уникнути необхідно проводити корекцію технологічних параметрів для наступної стадії. Таку управляючу дію повинен виконувати оператор-технолог на основі своєї кваліфікації і досвіду роботи.

Враховуючи, що технологічні процеси хлібопекарського виробництва характеризуються багатокомпонентністю сировини, різноманітністю процесів на всіх стадіях виробництва, високим ступенем невизначеності на різних етапах перебігу процесу виробництва хліба, нелінійними залежностями між параметрами, високими вимогами до готової продукції, відсутністю математичного опису багатьох явищ, які характеризують перетворення сировини та напівфабрикатів у готову продукцію, для забезпечення стабільно високої якості готових виробів існуючі системи автоматизації доцільно доповнити підсистемами підтримки прийняття рішень.

Підсистема підтримки прийняття рішень при виборі добавок-поліпшувачів побудована на базі розробленої

моделі з нечіткою логікою для чого відповідно до методики нечіткого логічного висновку сформовані матриці термів лінгвістичних вхідних і вихідних змінних для всіх типів поліпшувачів. В якості вхідних змінних вибрані показники хлібопекарських властивостей борошна (газоутворююча здатність, автолітична активність, сила борошна і кількість клейковини), а якості вихідних - рекомендації, щодо доцільності використання поліпшувача. Для кожного поліпшувача розроблені відповідні бази знань з евристичних правил вибору поліпшувачів на основі яких за допомогою алгоритму Мамдані [3] отримані логічні висновки, щодо доцільності використання того чи іншого поліпшувача (рис. 1).

На рис. 2 наведена параметрична схема ділянок підготовки сировини, приготування опари і тіста. На етапі приготування сировини, в залежності від обраного сорту хліба, у відповідності з заданою рецептурою відбувається дозування борошна (G_6), дріжджової суспензії (G_d), розчину солі (G_c) і води (G_b). На цьому ж етапі приймається рішення про необхідність додавання поліпшувачів

для корегування хлібопекарських властивостей борошна.

В результаті ми отримуємо сировину з відповідними показниками, яка поступає на наступну стадію виробництва - приготування опари. Дріжджову суспензію оцінюють за підйомною силою ($ПС_d$) та кислотністю (K_d). Борошно оцінюють за основними хлібопекарськими показниками: кислотністю (K_6), автолітична активність (AA_6), газоутворююча здатність (G_6), сила борошна (F_6) та водопоглинаюча здатність ($ВПЗ_6$).

Саме від цих показників залежить якість процесів наступного етапу виробництва хліба - приготування опари, які характеризуються параметрами: кислотність ($K_{оп}$), підйомна сила ($ПС_{оп}$), температура ($t_{оп}$), вологість ($W_{оп}$) і які повинні мати певні регламентовані значення.

Корегувати ці значення можливо за рахунок зміни: температури води (t_b); незначної зміни кількості дріжджової суспензії (G_d), яку додають в опару; тривалості замісу опари ($\tau_{з.о.}$) (іноді цей показник використовується разом з показником інтенсивності замісу опари) та тривалості бродін-

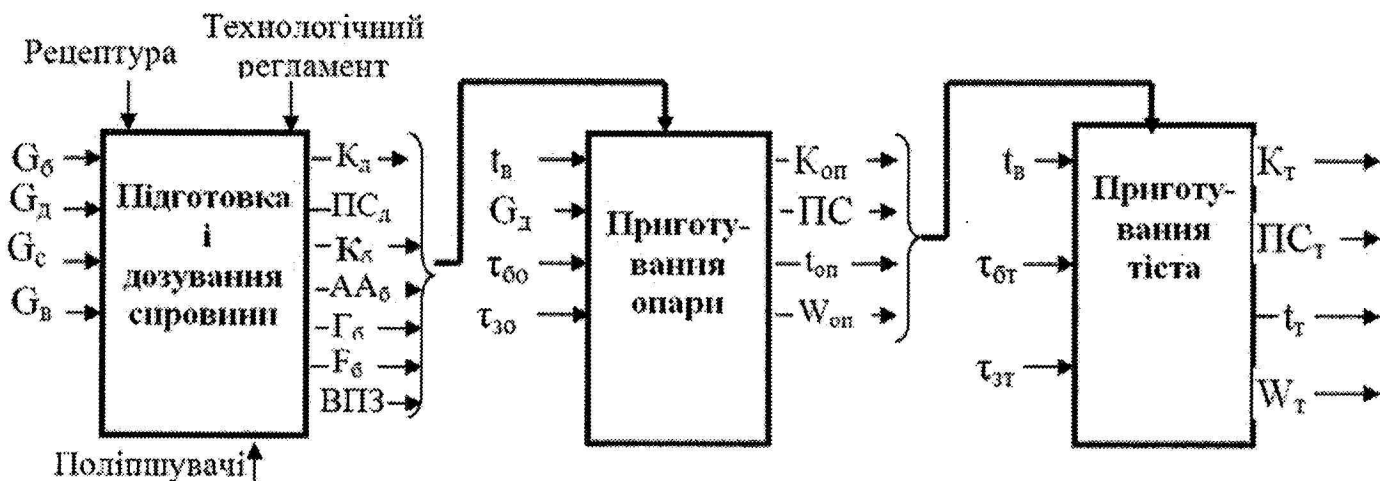


Рис. 2. Параметрична схема процесу приготування хліба

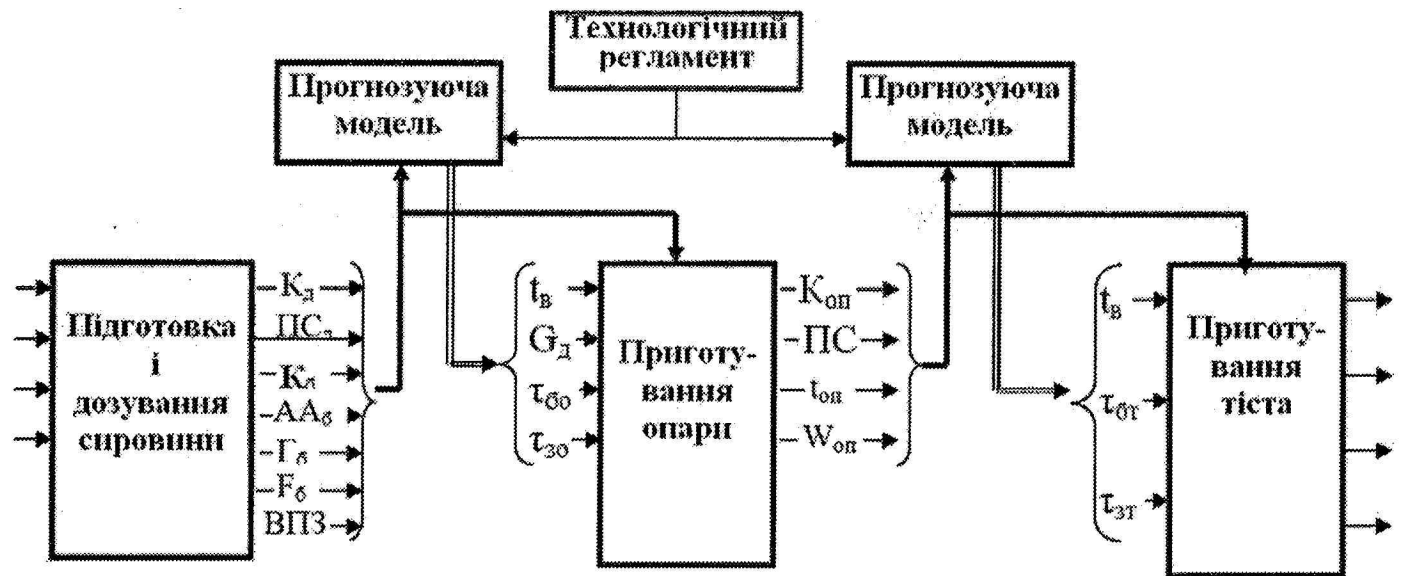


Рис. 3. Параметрична схема процесу приготування хліба

ня опари ($\tau_{6.0}$). Але значення цих показників необхідно встановити в залежності від значень, які отримані на попередній стадії і вони можуть відрізнитись від регламентованих.

Також ці міркування можна віднести і до стадії приготування тіста. Тобто, для того, щоб отримати регламентовані значення кислотності тіста (K_T), його підйомної сили (PC_T), температури (t_T) і вологості (W_T) необхідно вибрати такі значення температури води (t_b), тривалості замісу тіста (τ_{3T}) і тривалості бродіння тіста (τ_{6T}), щоб врахувати реальні показники параметрів, які характеризують попередню стадію. Тобто вихідні значення попередньої стадії, повинні бути враховані при визначенні значень управляючих дій наступної.

Проведений аналіз показує, що для кожного етапу можна визначити перелік параметрів, за якими можна оцінити відповідність отриманого напівпродукту регламентним технологічним значенням.

Перебіг технологічного процесу на наступному ета-

пі суттєво залежить від результатів попередньої стадії. Результати попередньої стадії неможливо змінити, але їх можна і необхідно врахувати при виконанні наступної стадії.

Таким чином, розглядаючи технологічний процес приготування хліба як складну динамічну систему, в якій кінцевий результат залежить від результатів кожної стадії виробництва, а результат кожної наступної стадії залежить від показників, які отримані на попередній стадії запропоновано у складі системи автоматизації розробити систему оперативної корекції технологічних параметрів на базі прогнозуючої моделі.

Основною задачею прогнозуючої моделі (рис.3) є:

- * обробка інформації, яка поступає до неї про показники попередньої стадії;
- * вироблення прогнозу значень, які будуть мати показники наступної стадії;
- * вироблення рекомендації, щодо оперативної зміни управляючих показників, при виконанні яких показники наступної стадії наблизяться до регламентованих значень

у разі їх відхилення від регламентованих значень.

Тобто, за цих умов виконання процесів наступної стадії розпочнеться за умови виконання рекомендованих управляючих дій, які можуть відрізнитись від регламентованих.

У якості прогнозуючої моделі пропонується використати штучні нейронні мережі, які добре зарекомендували себе при роботі з складними динамічними системами, які мають високий рівень невизначеності.

Література.

1. Ауэрман Л.Я. *Технология хлебопекарного производства*/ Л.Я. Ауэрман. - СПб.: Профессия, 2005. - 416с.
2. Дэвид А. Марка, Клемент Макгоуэн *Методология структурного анализа и проектирования SADT: [Електронний ресурс]*. - Режим доступу: <http://www.pqm-online.com/assets/files/lib/marka.pdf>
3. Штовба С.Д. *Проектирование нечетких систем средствами MATLAB*/ С.Д. Штовба. - М.: Горячая линия - Телеком, 2007. - 288 с., ил.