

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

На правах рукопису

УДК 664.653.8.016-52

Кишенюк Василь Дмитрович

АВТОМАТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПРИГОТУВАННЯ ТІСТА
В ХЛІБОПЕКАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

05.13.07 Автоматизація технологічних
процесів та виробництва
(харчова промисловість)

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1995



Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українському державному університеті харчових технологій

Науковий керівник: кандидат технічних наук,
доцент Півень Є.Н.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук
Соболев С.К.
кандидат технічних наук,
доцент Жученко А.І.

Провідна організація: - НВО "Спектр"

Захист дисертації відбудеться "3" листопада 1995 р.

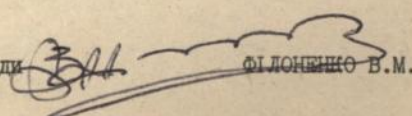
о 14 годині на засіданні спеціалізованої ради К 01.15.03
Українського державного університету харчових технологій
за адресою: 252017, м.Київ, вул. Володимирська, 68, ауд.311.

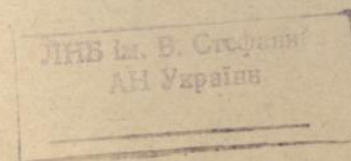
З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Українського
державного університету харчових технологій.

Автореферат розісланий "30" листопада 1995 року

Вчений секретар

вченої спеціалізованої Ради


О. ЛОМОНОСОВ В.М.



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Перед хлібопекарською промисловістю України стоїть ряд задач, що зв'язані з застосуванням передової техніки та технології, раціональним використанням ресурсів і сировини, підвищенням продуктивності праці, поліпшенням якості продукції. Наряду з іншими міроприємствами при виконанні вказаних задач один з ведучих напрямків займає автоматизація технологічних процесів на базі сучасних принципів управління та застосування мікропроцесорної техніки, що дасть можливість підвищити ефективність виробничих процесів, покращити якість хлібопекарської продукції з одночасним зниженням витрат на її виробництво.

Традиційно системи автоматизації процесів приготування тіста виконують функції контролю і локальної стабілізації режимних параметрів. Відсутні прилади автоматичного безперервного оперативного контролю в виробничих умовах показників якості і готовності опари і тіста, а також технологічних витрат борошна на їх приготування. Вибір технологічних режимів здійснюється оператором на основі набутого досвіду та інтуїції. Це вносить суб'єктивний елемент в процес управління, що приводить до значних втрат ресурсів і зниження якості продукції. Існуючі системи мають спільний недолік в тому, що управління процесами приготування тіста здійснюється без врахування коливань параметрів вхідних сировинних потоків.

Розвиток техніки автоматизації, поява недорогої і широкофункціональної мікропроцесорної і обчислювальної техніки робить актуальним, для усунення вищеприведених недоліків, створення високоефективних систем оптимального управління процесами приготування тіста з використанням мікро-ЕОМ в контурі управління, а також приладів безперервного контролю показників якості напівфабрикатів хлібопекарського виробництва і витрат борошна, що дозволяє забезпечити випуск продукції кращої якості і з меншими питомими витратами сировини.

Робота виконана у відповідності з планами науково-дослідних робіт Українського державного університету харчових технологій. Дослідження проводились по темі № Г.Р. 77.012.63.

Мета роботи полягає в підвищенні ефективності виробництва хлібобулочних виробів і досягається шляхом розробки та впровадження систем оптимального управління процесами приготування тіста, основаних на адаптивних моделях об'єкта управління і методах автоматичного контролю параметрів, що визначають якість та готовність опари і тіста. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні

задачі:

-дослідження процесів приготування тіста з метою вибору параметрів стану та управляючих дій, а також визначення раціональних каналів управління;

-розробка адаптивної математичної моделі процесів приготування тіста з метою оптимального управління ними, яка враховує змінювання характеристик поступаючої на обробіток сировини;

-постановка і вирішення задачі статичної векторної оптимізації процесів приготування тіста;

-розробка алгоритму оптимального управління процесами приготування тіста;

-синтез функціональної та технічної структур системи оптимального управління процесами приготування тіста в рамках розподіленої мікропроцесорної АСУТП хлібозаводу;

-розробка алгоритмічного, програмного та технічного забезпечення системи управління процесами приготування тіста.

Наукова новизна. Проведені дослідження процесів приготування тіста як об'єкта автоматичного управління, визначені оригінальні ефективні канали управління процесами приготування тіста і опари, отримані статичні та динамічні характеристики об'єкта управління по цих каналах. Здійснена постановка задачі статичної оптимізації процесів приготування тіста, сформульовані і обґрунтовані критерії оптимальності, які визначають готовність та вихід опари і тіста. Вперше запропонована адаптивна стохастична модель процесів приготування тіста, що відображує залежності показників готовності опари і тіста та виробничих витрат борошна від режимних параметрів, вибраних в якості управляючих, а також від показників якості поступаючих на обробіток напівфабрикатів хлібопекарського виробництва. Розроблений алгоритм уточнення коефіцієнтів математичної моделі об'єкта управління на основі поступаючої від об'єкта інформації, який апробований шляхом імітаційного моделювання і в процесі експлуатації системи управління. Створений алгоритм вирішення задачі статичної векторної оптимізації шляхом ітеративної процедури з використанням методу послідовних поступок. Розроблений алгоритм оптимального управління процесами приготування тіста в функції якісного стану напівфабрикатів хлібопекарського виробництва та рівня технологічних витрат борошна і інваріантності до збурень, визваних дрейфом якісних характеристик сировини. Спроектована ієрархічна двоєрівнева структура мікропроцесорної розподіленої АСУТП хлібозаводу підвищеної відмовостійкості і

визначені місце та функції в ній системи оптимального управління процесами приготування тіста. Запропоновані способи автоматичного управління процесом приготування тіста і автоматичного контролю процесу замісу тіста. Досліджений і розроблений метод автоматичного безперервного контролю інтенсивності бродіння напівфабрикатів хлібопекарського виробництва. Запропоновані методики розрахунку тривалості бродіння опари та тіста, часу замісу тіста в тістомісильних машинах безперервної дії, технологічних витрат борошна при виробництві опари і тіста, питомої роботи при замісі тіста.

Практична цінність роботи. По результатах теоретичних і експериментальних досліджень розроблена ієрархічна двоєрівнева система оптимального управління процесами приготування тіста з використанням координуючої мікро-ЕОМ на верхньому рівні. Запропоновані алгоритми контролю та управління, ідентифікації об'єкта управління, оптимального управління процесами приготування тіста, реалізовані в програмних модулях для мікропроцесорних засобів як нижнього, так і верхнього рівня системи управління і можуть бути використані в АСУТІ хлібозаводу. Створені системи автоматичного управління замісом опари та тіста; екстремальні системи управління бродінням напівфабрикатів хлібопекарського виробництва; системи автоматичного контролю інтенсивності бродіння напівфабрикатів хлібопекарського виробництва, питомої роботи при замісі тіста, технологічних витрат сухих речовин борошна при виробництві опари і тіста, тривалості замісу та бродіння напівфабрикатів хлібопекарського виробництва реалізовані як з використанням засобів локальної автоматики, так і мікропроцесорної техніки.

Реалізація результатів. Основні результати досліджень та розробок автора покладені в основу системи оптимального управління процесами приготування тіста, яка впроваджена на Броварському хлібозаводі Київського виробничого об'єднання хлібопекарської промисловості. Результати проведених досліджень використовуються в учбовому процесі при підготовці інженерів по спеціальності 21.03.

Основні положення, що виносяться на захист: Результати досліджень процесів приготування тіста для цілей управління ними і розроблені на їх основі способи та системи автоматичного контролю інтенсивності бродіння напівфабрикатів хлібопекарського виробництва, питомої роботи при замісі тіста, тривалості замісу і бродіння тіста та опари в агрегатах безперервної дії, технологічних витрат сухих речовин борошна при виробництві опари та тіста; екстремального управлін-

ня процесами приготування опари та тіста. Математична статична адаптивна модель процесів приготування тіста як об'єкта управління та алгоритм адаптації її параметрів. Алгоритм та систему оптимального управління процесами приготування тіста, що дозволяють мінімізувати питомі витрати сировинних ресурсів і поліпшити якість продукції. Функціональна та технічна структури розподіленої АСУТП хлібозаводу на базі мікропроцесорної техніки; комплекс програм для підсистеми управління відділеннями приготування опари і тіста.

Апробація роботи. Основні результати досліджень доповідались і обговорювались на наукових конференціях Київського технологічного інституту харчової промисловості в 1979-1993 рр.; науково-технічній конференції "Автоматизація визначення показників якості сировини, напівфабрикатів та готової продукції" (Київ, 1980 р.); науково-технічному семінарі "Шляхи подальшої механізації і автоматизації хлібопекарського виробництва" (Пенза, 1982 р.); науково-технічному семінарі "Досвід впровадження і налагоджування систем автоматизації в харчовій промисловості" (Київ, 1983 р.); Всесоюзній науковій конференції "Шляхи удосконалення технологічних процесів та обладнання для виробництва, зберігання і транспортування продуктів харчування" (Москва, 1984 р.); Республіканській науково-технічній конференції "Шляхи скорочення застосування ручної праці в галузях харчової промисловості" (Запоріжжя, 1984 р.); науково-технічному семінарі "Досвід впровадження і аналіз функціонування систем автоматизації на базі ЕОМ в харчовій та м'ясомолочній промисловості (АСУП, АСУТП, Робототехніка)" (Київ, 1985 р.); науково-технічних семінарах "Впровадження автоматичних систем управління технологічними процесами в хлібопекарській промисловості" (Черкаси, 1982 р.; Суми, 1986 р.); Всесоюзному 3-му науково-технічному семінарі "Пневматичні системи управління біологічними процесами" (Москва, 1987); П'ятій та Шостій національних науково-технічних конференціях з міжнародною участю "Автоматизація процесів в харчовій промисловості" (НРБ, Пловдив, 1987, 1990 р.р.); семінарах "Мікропроцесорні системи управління процесами харчової промисловості: досвід розробки та експлуатації" (Київ, 1992, 1993 р.р.); Міжнародній науково-технічній конференції "Розробка та впровадження технологій і обладнання у харчову та переробні галузі АПК" (Київ, 1993 р.).

Публікації. По темі дисертації опубліковано 19 друкованих праць, в яких викладений основний зміст виконаних досліджень.

Структура і об'єм роботи. Дисертаційна робота складається із

вступу, чотирьох розділів, списку літератури із 197 найменувань, додатків. Вона викладена на 140 сторінках машинописного тексту, вміщує 40 рисунків і 14 таблиць. Додатки об'ємом 86 сторінок .

ЗМІСТ РОБОТИ

В вступі обгрунтована актуальність проблеми, сформульовані мета та задачі дослідження і визначаються основні шляхи їх реалізації; розглядається наукова новизна і практична цінність отриманих результатів.

Перший розділ присвячений аналізу технологічних процесів приготування тіста на хлібозаводах як об'єкта управління і постановці задачі дослідження.

Виходячи із методології системного аналізу проведена декомпозиція процесів приготування тіста як складної технологічної системи на чотири підсистеми: "Заміс опари", "Бродіння опари", "Заміс тіста", "Бродіння тіста". Показано, що таке розбиття є найбільш ефективним і враховує структуру технологічних процесів, взаємозв'язок окремих ділянок виробництва, а також застосування технічних засобів в розподілених мікропроцесорних системах управління.

Аналіз технологічної системи дав можливість виявити ряд факторів, які суттєвим чином впливають на якість продукції і визначають рівень технологічних витрат сировини при виробництві хліба. Зокрема, до них відносяться режимні параметри (вологість, температура, тривалість бродіння опари та тіста; тривалість та інтенсивність замісу цих напівфабрикатів, якісні показники сировини (борошно, дріжджі) та їх витрати, тощо.

Аналіз робіт по автоматизації, моделюванню і оптимізації процесів приготування тіста, показав, що більшість авторів розглядала задачу управління лише окремими стадіями без врахування їх взаємозв'язку і впливу на роботу об'єкта в цілому. Відсутні методи та засоби автоматичного контролю в виробничих умовах деяких технологічних параметрів (показників якості опари і тіста, рівня технологічних витрат сировини при виробництві хліба, тривалості та інтенсивності замісу і бродіння напівфабрикатів хлібопекарського виробництва). Проблема оптимального управління процесами приготування тіста, яка є актуальною з точки зору створення систем комплексної автоматичної оптимізації виробництва хліба, не розв'язана.

На основі проведеного аналізу визначена мета управління виробництвом опари та тіста, яка полягає в зниженні рівня технологічних

витрат сировини при поліпшенні якості продукції шляхом досягнення оптимальних значень показників готовності напівфабрикатів хлібопекарського виробництва. В роботі показано, що поставлена мета може бути досягнена шляхом впровадження мікропроцесорної системи управління з ієрархічною багаторівневою структурою.

В другому розділі приведені результати експериментальних досліджень процесів приготування тіста як об'єкта автоматичного управління, які дозволили вибрати найбільш раціональні канали управління, розробити нові способи автоматичного управління процесами приготування тіста.

Проведений в лабораторних умовах попередній, відсіючий надсичений експеримент по планах Плакетта-Бермана дав можливість провести об'єктивне ранжування технологічних параметрів з меток виділення найбільш суттєвих вхідних та вихідних змінних об'єкта, яким потрібно надати перевагу в використанні їх для управління процесами приготування тіста. Були виявлені найбільш вагомі технологічні параметри процесів приготування тіста: інтенсивність бродіння опари $I_{бр.оп.}$, окисно-відновний потенціал тіста $e_{H_{T.}}$, реологічні властивості тіста $\eta_{T.}$, витрати сухих речовин борошна при бродінні опари $B_{бр.оп.}$ і тіста $B_{бр.т.}$, тривалість бродіння опари $\tau_{бр.оп.}$ і тіста $\tau_{бр.т.}$, температура опари $t_{оп.}$ і тіста $t_{T.}$, інтенсивність $I_{T.}$ та тривалість $T_{з.}$ замісу тіста, питома робота замісу тіста $A_{п.т.}$, підйомна сила $PS_{оп.}$, $PS_{T.}$ і активна кислотність $K_{оп.}$, $K_{T.}$ відповідно опари і тіста. Визначені статистичні характеристики процесів приготування тіста дали можливість провести роботи по виявленню причин значних коливань технологічних параметрів, удосконаленню технологічного обладнання з меток створення необхідних передумов для автоматизації і підвищення точності дотримання технологічних режимів (розроблені дозуючі пристрої, запропонована бродильний агрегат для рідкої опари безперервної дії, розроблені і застосовані нові вимірвальні засоби контролю основних якісних показників опари і тіста). Підтверджена гіпотеза по критерію χ^2 про нормальність розподілення технологічних параметрів процесів приготування тіста.

Проводились дослідження по визначенню степені стаціонарності об'єкта управління по непараметричному критерію суми квадратів тривалості серій. Аналіз результатів досліджень показав, що вихідні величини процесів приготування тіста змінюються в часі як стаціонарні випадкові процеси при умові стабільності режимних параметрів. Проте зазначене положення поширюється тільки на відносно короткі часові

інтервали (3-6 діб). Як показали дослідження, на більш тривалих проміжках часу статистичні характеристики основних змінних процесів приготування тіста значно змінюються за рахунок змінювання якісних характеристик борошна і дріжджів - основної сировини хлібопекарсько-го виробництва; тобто виникає проблема застосування адаптивних алгоритмів ідентифікації об'єкта управління.

Були визначені оцінки авто- і взаємнокореляційних функцій змінних об'єкта управління, аналіз яких дозволив визначити час дискретизації замірів і тривалості експерименту для побудови математичної моделі, записання по різних каналах, підтвердити гіпотезу про ергодичність процесів приготування тіста.

В результаті проведених експериментів як в лабораторних, так і в виробничих умовах з використанням активних і пасивних методів дослідження були отримані статичні і динамічні характеристики об'єкта управління. Аналіз статичних характеристик, визначених в результаті активного експерименту "класичним" методом, показав, що вони мають лінійний або близький до лінійного характер за винятком каналів "тривалість бродіння опари $\tau_{\text{бр.оп.}}$ - інтенсивність бродіння опари $I_{\text{бр.оп.}}$ ", "тривалість бродіння тіста $\tau_{\text{бр.т.}}$ - окисно-відновний потенціал тіста $e_{\text{Н.т.}}$ ", які є нелінійними в області екстремуму (рис.1), яка відповідає моменту готовності відповідно опари та тіста до подальшої переробки при оптимальних їх якісних показниках. Для обґрунтованого вибору ефективних каналів управління процесами приготування тіста по методу факторного планування експерименту проведені дослідження по оцінці впливу режимних параметрів на якісні показники опари і тіста, в результаті яких були одержані такі рівняння:

$$P_{\text{Соп.}} = 17,7 + 1,4 \cdot t_{\text{оп.}} - 0,8 \cdot W_{\text{оп.}} - 0,8 \cdot \tau_{\text{бр.оп.}} \quad (1)$$

$$e_{\text{Н.оп.}} = 21,37 - 0,2 \cdot t_{\text{оп.}} + 0,03 \cdot W_{\text{оп.}} - 0,12 \cdot \tau_{\text{бр.оп.}} \quad (2)$$

$$I_{\text{бр.оп.}} = 2,62 + 77 \cdot t_{\text{оп.}} - 39 \cdot W_{\text{оп.}} + 32 \cdot \tau_{\text{бр.оп.}} \quad (3)$$

$$K_{\text{оп.}} = 3,73 - 0,06 \cdot t_{\text{оп.}} - 0,06 \cdot W_{\text{оп.}} - 0,02 \cdot \tau_{\text{бр.оп.}} \quad (4)$$

$$e_{\text{Н.т.}} = 27,4 + 0,16 \cdot t_{\text{т.}} - 0,21 \cdot W_{\text{т.}} - 0,11 \cdot \tau_{\text{бр.т.}} \quad (5)$$

$$\eta_{\text{т.}} = 196 + 8,7 \cdot t_{\text{т.}} + 13,6 \cdot W_{\text{т.}} + 7,7 \cdot \tau_{\text{бр.т.}} \quad (6)$$

$$P_{\text{Ст.}} = 8,12 - 0,62 \cdot t_{\text{т.}} - 0,62 \cdot \tau_{\text{бр.т.}} \quad (7)$$

$$K_{\text{т.}} = 3,46 - 0,04 \cdot W_{\text{т.}} + 0,06 \cdot \tau_{\text{бр.т.}} \quad (8)$$

Аналіз динамічних характеристик показав, що об'єкт управління має невисокі інерційні показники, характеризується сильними перехресними зв'язками.

Отримані статичні та динамічні характеристики об'єкта управ-

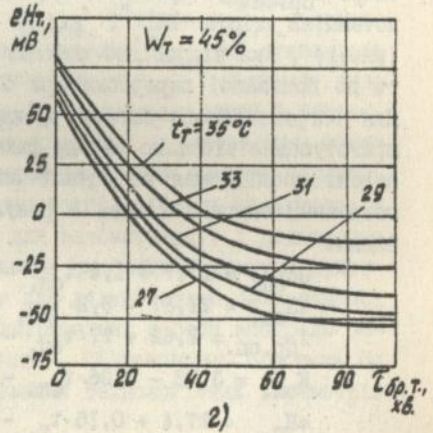
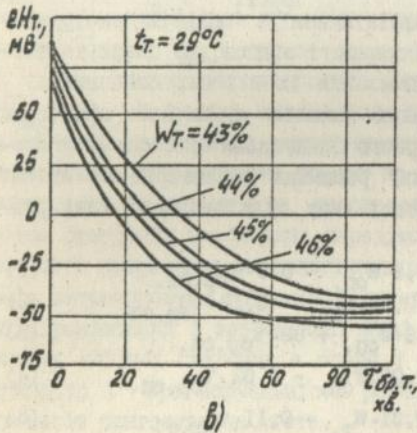
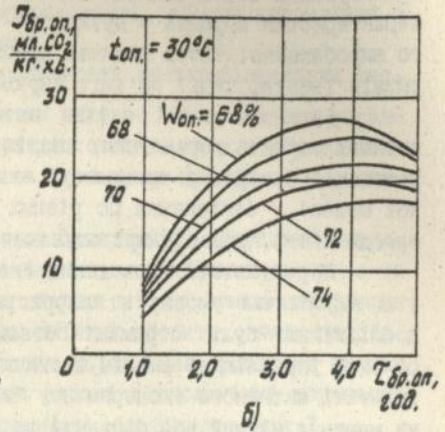
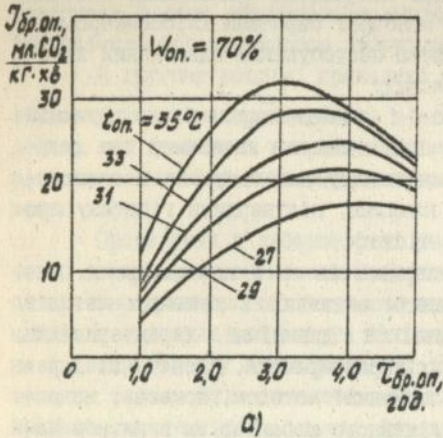


Рис.І. Статичні характеристики процесів приготування тіста

ліній дозволили розробити ефективні способи управління: екстремальне регулювання показників готовності опари і тіста (інтенсивність бродіння опари, окисно-відновний потенціал тіста), регулювання тривалості бродіння напівфабрикатів хлібопекарського виробництва, регулювання тривалості та інтенсивності замісу тіста в тістомісильних машинах безперервної дії, регулювання реологічних характеристик тіста, регулювання вологості опари і тіста.

В третьому розділі розглянуті питання розробки алгоритмічного і програмного забезпечення вирішування задачі оптимального управління процесами приготування тіста.

Виходячи із глобального критерія оптимальності всього хлібопекарського виробництва – економічності, в загальній постановці задача оптимізації стадії приготування тіста може бути зведена до мінімізації виробничих витрат S , збільшення продуктивності ділянки M та покращання якості напівфабрикатів і готової продукції K при наявності технологічних обмежень на ресурси управління U , тобто

$$\begin{matrix} S(U) \rightarrow \inf; & K(U) \rightarrow \sup; & M(U) \rightarrow \sup \\ U \in A & U \in A & U \in A \end{matrix} \quad (9)$$

де A – область технологічних обмежень на параметри, які управляють.

При подальшому аналізі, враховуючи особливості об'єкта управління, задача оптимального управління процесами приготування тіста може бути сформульована таким чином: знайти такі значення режимних параметрів, автоматична стабілізація яких при незмінних показниках якості поступаючої на переробку сировини, забезпечує мінімальні витрати сухих речовин борошна, при заданих обмеженнях на якість напівфабрикатів хлібопекарського виробництва, які визначаються по екстремальних значеннях показників готовності опари і тіста, і фіксованих межах режимних параметрів, установлених технологічним регламентом, тобто

для процесів приготування опари

$$I_{\text{бр.оп.}} = \max_{D_1} I_{\text{бр.оп.}}(W_{\text{оп.}}, t_{\text{оп.}}, \tau_{\text{бр.оп.}}) \quad (10)$$

$$B_{\text{бр.оп.}} = \min_{D_2} B_{\text{бр.оп.}}(W_{\text{оп.}}, t_{\text{оп.}}, \tau_{\text{бр.оп.}}) \quad (11)$$

для процесів приготування тіста

$$e_{H_{\text{т.}}} = \min_{L_1} e_{H_{\text{т.}}}(A_{\text{п.т.}}, t_{\text{т.}}, \tau_{\text{бр.т.}}, K_{\text{оп.}}, I_{\text{бр.оп.}}) \quad (12)$$

$$V_{\text{бр.т.}} = \min_{L_2} V_{\text{бр.т.}}(A_{\text{п.т.}}, t_{\text{т.}}, \tau_{\text{бр.т.}}, I_{\text{бр.т.}}) \quad (13)$$

де D - область управління процесів приготування опари;

L - область управління процесів приготування тіста.

Область D складається із множин управляючих дій $\vec{W}_{\text{оп.}}$, $\vec{t}_{\text{оп.}}$, $\vec{\tau}_{\text{бр.оп.}}$, причому $D_2 \subset D_1$. Аналогічно область L складається із множин управляючих дій $A_{\text{п.т.}}$, $t_{\text{т.}}$, $\tau_{\text{бр.т.}}$, а $L_2 \subset L_1$.

По експериментальних даних, отриманих в виробничих умовах Броварського хлібозаводу, побудовані дві конкуруючі математичні моделі, які описують статичні режими функціонування об'єкта: перша - з використанням методу найменших квадратів (МНК), а друга - з застосуванням принципу самоорганізації моделей на ЕОМ по методу групового врахування аргументів (МГВА). Відбір конкуруючих моделей здійснювали по відносній похибці і індексу кореляції. Порівняльний аналіз показав, що більшу точність має МГВА-модель, яка і використовувалася як "стартова" в алгоритмі оптимального управління процесами приготування тіста:

$$I_{\text{бр.оп.}} = 57,544 - 0,600 \cdot W_{\text{оп.}} \cdot \tau_{\text{бр.оп.}}^{0,5} + 0,673 \cdot t_{\text{оп.}} \cdot \tau_{\text{бр.оп.}}^{0,5} + 6,238 \cdot \tau_{\text{бр.оп.}}^{0,5} - 0,186 \cdot \tau_{\text{бр.оп.}}^2 \quad (14)$$

$$V_{\text{бр.оп.}} = 1,733 + 9,168 \cdot 10^{-2} \cdot t_{\text{оп.}} \cdot \tau_{\text{бр.оп.}}^{0,5} - 8,646 \cdot 10^{-4} \cdot W_{\text{оп.}}^2 + 0,375 \cdot \tau_{\text{бр.оп.}}^{0,5} - 1,119 \cdot 10^{-4} \cdot t_{\text{оп.}}^2 \quad (15)$$

$$\tau_{\text{бр.оп.}} = -0,603 + 0,112 \cdot W_{\text{оп.}} - 0,115 \cdot t_{\text{оп.}} \quad (16)$$

$$e_{\text{н.т.}} = 258,3 - 33,65 \cdot A_{\text{п.т.}}^{0,5} \cdot \tau_{\text{бр.т.}}^{0,5} - 0,418 \cdot t_{\text{т.}} \cdot I_{\text{бр.оп.}}^{0,5} - 31,461 \cdot t_{\text{т.}}^{0,5} + 0,655 \cdot A_{\text{п.т.}} \cdot K_{\text{оп.}} + 0,334 \cdot \tau_{\text{бр.т.}} \cdot I_{\text{бр.оп.}} +$$

$$+ 1,10 \cdot t_{\text{т.}}^{0,5} \cdot K_{\text{оп.}}^{0,5} \quad (17)$$

$$V_{\text{бр.т.}} = -3,452 + 4,167 \cdot 10^{-2} \cdot A_{\text{п.т.}}^{0,5} \cdot I_{\text{бр.т.}}^{0,5} + 3,191 \cdot 10^{-2} \cdot t_{\text{т.}} \cdot \tau_{\text{бр.т.}}^{0,5} + 0,406 \cdot t_{\text{т.}}^{0,5} + 3,465 \cdot 10^{-2} \cdot \tau_{\text{бр.т.}}^2 + 2,032 \cdot 10^{-4} \cdot t_{\text{т.}} \quad (18)$$

$$\tau_{\text{бр.т.}} = 2,511 - 4,42 \cdot 10^{-2} \cdot A_{\text{п.т.}} - 3,14 \cdot 10^{-2} \cdot t_{\text{т.}} \quad (19)$$

Для оперативної ідентифікації об'єкта управління доцільно застосовувати ітераційні методи, які не потребують зберігання великих масивів інформації і використовують результати попередніх розрахунків. В умовах високого рівня перешкод, що властиво виробничим об'єктам, прийнятним є метод стохастичної апроксимації.

По формі отримана МГВА-модель є лінійною по параметрах, тобто кожне її рівняння можна представити в вигляді

$$y = a_0 + \sum_{j=1}^m a_j x_j \quad (20)$$

де y - вихідна змінна об'єкта; x_j - j -й вхідний параметр об'єкта, ($j = \overline{1, m}$); a_j - коефіцієнти рівнянь (параметри моделі).

Потрібно знайти такі оцінки параметрів моделі \vec{A} , щоб на всій множині отриманих значень \vec{x} і y рівняння (20) оптимально по визначеному критерію відображували існуючий зв'язок між \vec{x} і y . При критерії оптимальності

$$J(\vec{A}) = \sum_{k=0}^N (y^{(k)} - \vec{A}^{(k)} \vec{x}^{(k)})^2 \rightarrow \min \quad (21)$$

де \vec{A} - вектор параметрів моделі; \vec{x} - вектор вхідних параметрів; $k = 0, 1, \dots, N$ - дискретні моменти часу зняття інформації про об'єкт;

уточнення оцінок коефіцієнтів a_j моделі (20) проводиться на кожному циклі отримання поточної інформації від об'єкта за допомогою такої рекурентної процедури

$$a_j^{(k)} = a_j^{(k-1)} + \gamma^{(k)} \cdot (y^{(k)} - \sum_{j=0}^m a_j^{(k-1)} \cdot x_j^{(k)}) \cdot x_j^{(k)} \quad (22)$$

де $\gamma^{(k)}$ - параметр адаптації, тобто числова послідовність, яка задовольняє умовам Робінса-Монро:

$$\gamma^{(k)} > 0; \quad \sum_{k=1}^{\infty} \gamma^{(k)} = \infty, \quad \forall 1; \quad \sum_{k=1}^{\infty} [\gamma^{(k)}]^2 < \infty \quad (23)$$

Умовам (23) відповідає залежність

$$\gamma^{(k)} = \frac{1}{A + B \cdot k^\alpha} \quad \text{при } A > 0, B > 0, 0,5 < \alpha \leq 1 \quad (24)$$

Один із методів стохастичної апроксимації - метод Кестена враховує поведінку оцінки параметра моделі. Коли оцінка параметра моделі $a_j^{(k)}$ знаходиться далеко від істинного його значення, то знак різниці оцінок параметра моделі на сусідніх кроках ітерації не змінюється або змінюється дуже рідко; зблизка ж від цілі адаптації знак різниці $a_j^{(k)} - a_j^{(k-1)}$ часто змінюється завдяки випадковій складовій поправки, тобто число змін знаків величини $a_j^{(k)} - a_j^{(k-1)}$ можна ви-

користувати як показник близькості оцінки параметра моделі від його істинного значення. В алгоритмі Кестена параметр адаптації $\gamma^{(k)}$ змінюється таким чином:

$$\gamma^{(1)} = b(1); \gamma^{(2)} = b(2) \quad (25)$$

$$\gamma^{(k)} = b[h(r)] \quad \text{для } k \geq 3 \quad (26)$$

$$h(r) = 2 + \sum_{p=3}^k G(\{a_j^{(p-1)} - a_j^{(p-2)}\} * \{a_j^{(p-2)} - a_j^{(p-3)}\}) \quad (27)$$

$$1, \text{ якщо } \{*\} \leq 0$$

$$\text{де } G\{*\} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } \{*\} \geq 0 \end{cases}$$

$$b[h(r)] = \frac{1}{\bar{m} + \bar{\gamma}} \quad (28)$$

де r - число змін знаку добутку $(a_j^{(k-1)} - a_j^{(k-2)}) * (a_j^{(k-2)} - a_j^{(k-3)})$.

Нами пропонується алгоритм адаптації математичної моделі процесів приготування тіста, який є модифікацією алгоритму Кестена. Суть модифікації полягає в тому, що значення $G\{*\}$ із (27) визначається таким чином

$$F(r), \text{ якщо } \{*\} \leq 0$$

$$G\{*\} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } \{*\} > 0 \end{cases} \quad (29)$$

де $F(r)$ - послідовність чисел Фібоначчі, які визначаються рекурентним виразом $F(r) = F(r-1) + F(r-2)$, $F(0) = F(1) = 1$ (30)

В цьому випадку при коливаннях отриманих оцінок коло істинного значення коефіцієнта рівняння моделі різко знижується приріст оцінки параметра моделі, що приводить до швидкого досягнення з заданою точністю шуканої величини параметра.

Оцінку ефективності приведених алгоритмів адаптації проводили за допомогою імітаційного моделювання, тобто здійснювали перевірку алгоритму на умовному процесі, по своїм показникам аналогічних реальному, шляхом машинного експерименту.

В якості оцінки співставлення різних варіантів алгоритмів адаптації (Робінса-Монро, Кестена, модифікованого Кестена) при варіаціях їх параметрів застосовували середньоквадратичні відхилення вихідних величин, які обчислювались по формулі:

$$\sigma(y) = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^k (y_1^{(k)} - \hat{y}_1^{(k)})^2}{k-1}} \quad (31)$$

де y_1 - значення виходу, отримане розрахунком із математичної моделі з коректованими її параметрами; \hat{y}_1 - значення виходу, згенероване ЕОМ;

а також визначали середню кількість кроків адаптації $k_{\text{сер}}$ між сусідніми генераціями випадкових чисел до виконання умови

$$|m_{a_j}^{(k)} - m_{a_j}^{(k-1)}| < \epsilon \quad (32)$$

де $m_{a_j}^{(k)}$ - математичне сподівання коефіцієнта a_j на k -ому кроці адаптації.

Проведене імітаційне моделювання на ЕОМ показало високу ефективність запропонованого методу корекції параметрів математичної моделі процесів приготування тіста в порівнянні з широкоживаними алгоритмами ідентифікації об'єктів управління: кількість кроків адаптації скорочується приблизно на 34% при більшій точності (рис.2). Розроблений алгоритм реалізований в вигляді програмного модуля ADAPT в системі оптимального управління процесами приготування тіста.

Задача оптимізації процесів приготування тіста в постановці (10-13) є задача статичної векторної оптимізації, рішення якої незалежно від застосованого методу оптимізації повинно належати області Парето, тобто належати такій підмножині допустимої множини рішень, кожне з яких не може бути покращено одночасно по всіх локальних критеріях. Вибір оптимальної стратегії із множини Парето проводиться шляхом звуження початкової множини U стратегій до множини ефективних стратегій U^0 , серед яких проводять відбір оптимальної стратегії \bar{U}^* :

$$\bar{U}^* \in U^0 \subset U \quad (33)$$

Початкова множина допустимих управлінь U являє собою об'єднання областей згоди U_S і області компромісу U_R

$$U \subset U_S \cup U_R \quad (34)$$

Область згоди характеризується тим, що любе управління $U \in U_S$ приводить до поліпшення всіх локальних критеріїв, тобто не є ефективним по Парето. Розглядається тільки область компромісів U_R , причому із цієї множини необхідно вибрати таку стратегію, щоб кожному із локальних критеріїв забезпечити таке значення, яке буде мінімально відрізнятися від його екстремуму.

Оптимізація процесів приготування тіста здійснювалась методом

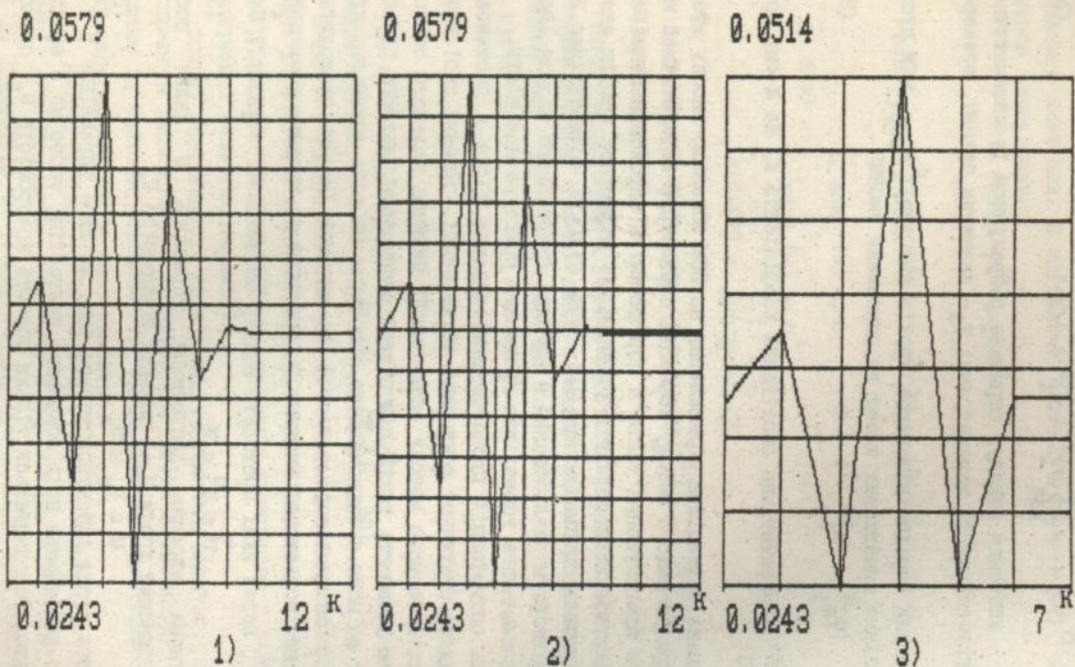


Рис.2. Графік змінювання оцінки коефіцієнта a_1 в рівнянні /18/ / 1-алг. Робінса-Монро; 2-алг. Кестена; 3-модифікований алг. Кестена/

послідовних поступок за рахунок поступки важливішого критерію (показника готовності опари та тіста) на користь другого по важливості критерію - витрат сухих речовин борошна на бродіння опари і тіста. В якості базового використовувався метод Нелдера-Міда.

На основі розроблених алгоритмів ідентифікації і оптимізації був створений алгоритм оптимального управління процесами приготування тіста.

Розділ 4 присвячений розробці і дослідженню системи автоматичного управління процесами приготування тіста.

Враховуючи те, що система управління процесами приготування тіста є складовою частиною АСУТП хлібозаводу, здійснено проектування структури АСУТП для заданої множини прикладних функцій, рівнів, технічних засобів і заданого рівня відмовостійкості оптимальної з точки зору максимальної ефективності функціонування АСУТП:

$$\sum_{s \in S} \sum_{r \in R_s} \sum_{l \in L_r} (E_s - Q_{sr1}) * x_{sr1} - \sum_{r \in R} \sum_{l \in L} W_{r1} * z_{r1} - \\ - \sum_{l, m \in S} \sum_{p \in P_{lm}} W_{lmp} * y_{lmp} + \sum_{k \in K} \sum_{g \in G} (\Delta E_{kgr}^E - Q_{kgr}^E) \rightarrow \max \quad (35)$$

де $S = \{s\}$ - множина номерів прикладних функцій; $R = \{r\}$ - множина номерів технічних засобів; $L = \{l\}$ - множина рівнів вирішування прикладних задач; Q_{sr1} - втрати із-за відмови технічних засобів при вирішуванні s -ї прикладної функції на l -тому рівні за допомогою r -того технічного засобу; W_{r1} - вартість r -того технічного засобу з врахуванням витрат на придбання, монтаж і експлуатація, а також затрат на проектування, програмування і реалізацію прикладних функцій на l - тому рівні; W_{lmp} - вартість p -того варіанту організації зв'язку між l -тим і m -тим рівнями; ΔE_{kgr}^E - збереження ефективності при відмовах s -тої прикладної функції на r -тому технічному засобі при k -ому варіанті резервування при g -кратності узагальненої відмови; Q_{kgr}^E - вартість k -того варіанту резервування r -тих технічних засобів для реалізації s -тої прикладної функції при g -кратності узагальненої відмови;

При вирішуванні задачі (35) повинні бути витримані такі обмеження:

кожна прикладна функція виконується на одному рівні:

$$\sum_{l \in L} \sum_{s \in S} x_{sl} \leq 1, \quad \forall s \in S; \quad (36)$$

між кожним із технічних засобів різних рівнів може бути організовано не більше одного із можливих каналів зв'язку:

$$\sum_{r \in R_1} \sum_{p \in P_{lm}} y_{lmpr} \leq 1, \quad \forall r \in R_1, \quad \forall l, m \in L, m \neq 1; \quad (37)$$

об'єм оперативної пам'яті (алгоблоки) на кожній станції нижнього рівня для реалізації необхідних задач прикладного рівня не повинен перевищувати граничного ресурсу F_g :

$$\sum_{s \in S_r} \beta_s * x_{sr1} \leq F_g, \quad \forall r \in R_1, \quad l=1 \quad (38)$$

де β_s - об'єм оперативної пам'яті для виконання s -тої прикладної функції в r -тій локальній технологічній станції;

кількість входів-виходів для різного виду сигналів в кожному технічному засобі не повинно перевищувати допустимого:

$$\sum_{s \in S_r} \alpha_s^v * x_{sr1} \leq H_r^v, \quad \forall r \in R_1 \quad (39)$$

де α_s^v - кількість входів-виходів v -того виду сигналів, необхідних для реалізації s -тої прикладної функції; H_r^v - граничний ресурс по v -тому виду вхідного-вихідного сигналу для r -того технічного засобу;

відмовостійкість системи повинна бути забезпечена до відмови 1-ої кратності (коефіцієнт живучості $G(q^1)=1$) і поступового деградувати при збільшуваній кратності відмов ($G(q^1)<1$) в порядку, зворотному пріоритету прикладних функцій, шляхом резервування і реконфігурування структурної схеми.

Дана задача відноситься до задач цілочислового програмування. Синтез розподіленої АСУТП хлібозаводу виконували по евристичному алгоритму вирішування загальної задачі оптимального проектування розподілених АСУТП. В результаті проведеного синтезу пропонується розподілена АСУТП хлібозаводу, структурна схема якої приведена на рис.3. Локальні технологічні станції розміщені по відділеннях хлібозаводу. Кожна локальна технологічна станція зв'язана з відповідною операторською станцією і координуючою ЕОМ за допомогою магістрально-модульного зв'язку радіального типу. Живучість системи забезпечується шляхом динамічного глобального резервування локальних технологічних станцій однією резервною (з контактним перемиканням виконавчих пристроїв). Локальна діагностика відмов проводиться в локальних станціях, звідки сигнал про відмову поступає на ідентифікатор відмов і реконфігуратор (ІВР), який здійснює глобальну діагностику відмов, даючи команду координуючій ЕОМ на реконфігурацію системи шляхом занесення відповідної технологічної програми в резервну локальну ста-

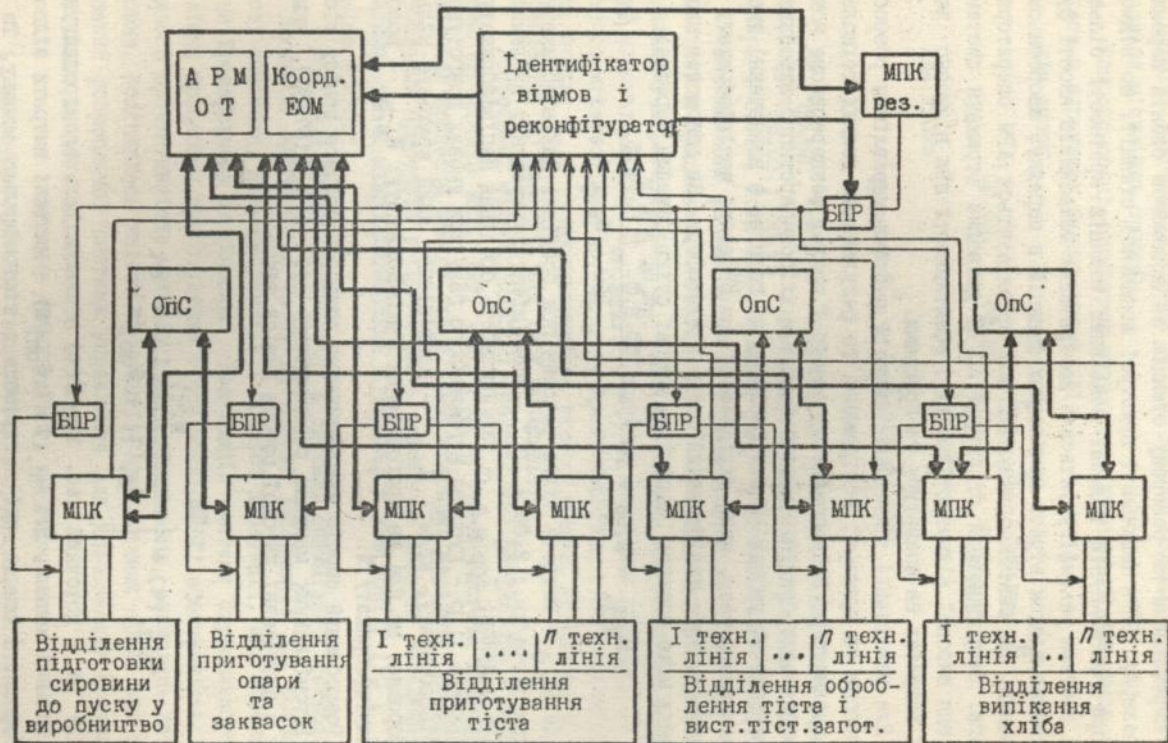


Рис.3. Структурна схема розподіленої АСУТП хлібозаводу підвищеної відмовостійкості

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

нцію і перемикаючи на резервну станцію за допомогою блоків перемикавання резерву (БІР) виконавчі пристрої локальної станції, що відмовила. При узагальненій відмові локальних станцій кратності більше одиниці система реконфігурується з погіршенням показників якості функціонування шляхом втрати прикладних функцій в порядку, зворотньому домінуванню. На базі координуючої ЕОМ організується АРМ оператора-технолога. Запропонована структура АСУТП дозволяє отримати систему управління високої відмовостійкості і ефективності при відносно незначних витратах на апаратуру та програми.

Для реалізації прикладних функцій системи управління розроблені способи та пристрої вимірювання та регулювання деяких технологічних параметрів. Запропонований спосіб і прилад безперервного контролю спиртового бродіння напівфабрикатів хлібопекарського виробництва в виробничих умовах (А.С.№1288599), що полягає в визначенні тиску вуглекислого газу, який виділяється при бродінні напівфабрикату і випускається через калібрований отвір в атмосферу. За допомогою цього приладу може вестися підрахунок витрат сухих речовин борошна:

$$W_{н.ф.} = 2,05 * 10^{-4} * \frac{I_{бр.н.ф.} * \rho * K_{н.ф.}}{100 - W_{н.ф.}} \quad (40)$$

де $W_{н.ф.}$ - витрати сухих речовин при бродінні напівфабрикату, % до маси тіста/хв.; $2,05 * 10^{-4}$ - коефіцієнт перерахунку вуглекислого газу в цукор; $I_{бр.н.ф.}$ - інтенсивність бродіння напівфабрикату, мл $CO_2/(кг*хв.)$; ρ - густина вуглекислого газу при умовах приготування напівфабрикату, $кг/м^3$; $K_{н.ф.}$ - коефіцієнт, який враховує кількість борошна, що йде на приготування напівфабрикату; $W_{н.ф.}$ - вологість напівфабрикату, %.

Розроблений спосіб автоматичного контролю процесу замісу тіста в тістомісильних машинах безперервної дії (А.С.№1157530), який полягає в визначенні питомої роботи замісу тіста:

$$A_{п.т.}(\tau) = \int_{\tau}^{\tau+T_3} \frac{N(\tau)}{G_{ст.}(\tau) + G_{оп.}(\tau)} d\tau \quad (41)$$

де τ - поточний час, хв; $N(\tau)$ - потужність електродвигуна тістомісильної машини, Вт; $G_{ст.}(\tau)$ і $G_{оп.}(\tau)$ - миттєві витрати відповідно борошна і опари, які поступають в тістомісильну машину. T_3 - тривалість замісу тіста, хв ($T_3 = 9,78 + 1,35 \phi - 3,27 n - 0,80 \eta_T$);

ϕ - степiнь заповнення корита тiстомiсильної машини; n - швидкiсть обертання мiсильних органiв.

Запропонованi алгоритми визначення тривалостi бродiння опари i тiста в агрегатах безперервної дiї:

для опари

$$\tau_{\text{бр.оп.}} = \tau_{\text{бр.оп.}}^* \left(\frac{N_{\text{оп.}}}{N_{\text{оп.}}^*} \right)^k \left(\frac{G_{\text{оп.пр.}}}{G_{\text{оп.вих.}}} \right)^m \quad (42)$$

для тiста

$$\tau_{\text{бр.т.}} = \tau_{\text{бр.т.}}^* \left(\frac{N_{\text{т.}}}{N_{\text{т.}}^*} \right)^l \left(\frac{Q_{\text{т.м.}}}{Q_{\text{т.д.}}} \right)^r \quad (43)$$

де $\tau_{\text{бр.оп.}}$, $\tau_{\text{бр.т.}}$ - тривалiсть бродiння вiдповiдно опари i тiста, год; $\tau_{\text{бр.оп.}}^*$, $\tau_{\text{бр.т.}}^*$ - номiнальна тривалiсть бродiння вiдповiдно опари i тiста, год; $N_{\text{оп.}}$ - рiвень опари в бродильному агрегатi, м; $N_{\text{оп.}}^*$ - номiнальний рiвень опари в бродильному агрегатi, м; $N_{\text{т.}}$ - рiвень тiста в бродильному агрегатi, м; $N_{\text{т.}}^*$ - номiнальний рiвень тiста в бродильному агрегатi, м; $G_{\text{оп.пр.}}$ - витрата опари, яка поступає в бродильний агрегат, кг/хв; $G_{\text{оп.вих.}}$ - витрата опари, яка виходить iз бродильного агрегату, кг/хв; $Q_{\text{т.м.}}$ - продуктивнiсть тiстомiсильної машини, кг/хв; $Q_{\text{т.д.}}$ - продуктивнiсть тiстодiльника, кг/хв; k , m , l , r - константи, що залежать вiд типу обладнання.

Розробленi мiкропроцесорнi екстремальнi регулятори з використанням алгоритмiв ВЕК, ІНТ, ДИЗ, УЛО, а також система програмного управління процесом замiсу опари. Запропонованi варiанти реалiзацiї розроблених пристроїв i систем як з допомогою засобiв локальної автоматизацiї, так i мiкропроцесорних контролерiв РЕМІКОНТ Р-110 i "Електронiка МС2702".

Розробки автора використанi в системi оптимiзацiї технологiчних процесiв виробництва хлiба на основi iнформацiї про показники якостi сировини, напiвфабрикатiв i готової продукцiї, яка впроваджує на Броварському хлiбозаводi. Реалiзацiя системи оптимального управління процесами приготування тiста показала її ефективнiсть (пiдвищилась продуктивнiсть технологiчного обладнання, знизилась витрати борошна, полiпшилась якість продукцiї). Економiчний ефект вiд впровадження розробленої системи управління для хлiбозаводу потужнiстю 65 т хлiба на добу складає 400 млн.крб.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

1. На основi аналізу технологiчних процесiв приготування тiста i задач автоматизацiї хлiбпекарського виробництва показана доцi-

льність розглядання задачі оптимального управління як задачі визначення режимних параметрів для забезпечення мінімальних витрат сировинних ресурсів і найкращої якості напівфабрикатів хлібопекарського виробництва, яка досягається при екстремальних значеннях показників готовності опари і тіста.

2. Проведені теоретичні та експериментальні дослідження процесів приготування тіста як об'єкта управління дозволили визначити ефективні способи автоматичного контролю та управління, оригінальність яких підтверджена авторськими свідченнями. Виявлений дрейф характеристик об'єкта, що визивається змінюванням якісних показників поступаючої на обробіток сировини.

3. В результаті виконаних експериментальних досліджень об'єкта на основі конкурентного відбору побудована математична модель процесів приготування тіста, що відображує вплив режимних параметрів, вибраних в якості управляючих, і основних вхідних змінних об'єкта на критерії управління.

4. Розроблений алгоритм оперативної ідентифікації процесів приготування тіста на основі методів стохастичної апроксимації. Імітаційним моделюванням доведена збіжність і ефективність запропонованого алгоритму адаптації в широкому спектрі збурень, що діють на реальний об'єкт.

5. Сформульована і вирішена за допомогою методу послідовних поступок задача статичної векторної оптимізації, в якій враховуються інтереси споживачів та виробництва. На основі розроблених алгоритмів ідентифікації і векторної оптимізації побудований загальний алгоритм оптимального управління процесами приготування тіста.

6. Здійснено оптимальне проектування по критерію економічної ефективності розподіленої мікропроцесорної двоєрівневої АСУТП хлібозаводу підвищеної відмовостійкості, що забезпечує повну живучість при 1-й кратності узагальненої відмови і поступову деградацію при кратності узагальненої відмови більше одиниці в порядку, зворотньому пріоритету прикладних функцій. Визначені функції системи оптимального управління процесами приготування тіста як підсистеми запропонованої розподіленої АСУТП хлібозаводу. Приведені варіанти реалізації цієї підсистеми на різних засобах мікропроцесорної техніки та локальної автоматики.

7. Результати дисертаційної роботи використані при впровадженні автоматизованої системи оптимізації технологічних процесів виробництва хліба на основі інформації про показники якості сировини,

напівфабрикатів і готової продукції на Броварському хлібозаводі Київського виробничого об'єднання хлібопекарської промисловості. Сумарний економічний ефект складає близько 600 млн.крб. (в цінах 1994 р.). Результати роботи використовуються в учбовому процесі при підготовці інженерів по спеціальності 21.03.

Основний зміст дисертації опублікований в роботах:

1. Кишенько В.Д., Пивень Е.Н. Приборы автоматического контроля процесса брожения жидких полуфабрикатов хлебопекарного производства. - Хлебопекарная, макаронная и дрожжевая промышленность. - М.: ЦНИИТЭИПищепром, 1982, №3, с.1-3.
2. Кишенько В.Д., Пивень Е.Н., Архангельская К.С. Программное управление процессом приготовления жидкой опары. - В научн. техн. реф. сб.: Хлебопекарная, макаронная, дрожжевая промышленность. - М.: ЦНИИТЭИПищепром, 1982, №3, с. 6-8.
3. Кишенько В.Д., Пивень Ю.Н., Юрчак В.Г. Дозирование жидкой опары при автоматизации тестомесильных машин непрерывного действия. - В науч. техн. сб.: Хлебопекарная, макаронная, дрожжевая промышленность. - М.: ЦНИИТЭИПищепром, 1983, №1, с.3-6.
4. Кишенько В.Д., Пивень Е.Н. Автоматический контроль замеса теста в тестомесильных машинах непрерывного действия. - Пищевая промышленность, Киев, 1983, №3, с. 53-54.
5. Оценка эффективности управляющих воздействий процесса приготовления теста / В.Г. Юрчак, В.Д. Кишенько, А.В. Афанасьева, И.Н. Семеновская и др. - Известия вузов СССР, Пищевая технология, 1984, №4, с.60-62.
6. Кишенько В.Д., Пивень Е.Н. Пневматическое интегрирующее устройство // Пищевая промышленность.- вып. 32, 1986, с.44-46.
7. Кишенько В.Д., Скороход Н.О. Статическая модель технологических процессов приготовления опары и теста как основа алгоритма управления участком тестопритотвления// Пищевая промышленность - К., 1989, вып.35.- с.11-14.
8. Кишенько В.Д. Векторная оптимизация процессов тестопритотвления.//Республиканский межведомственный тематический научный сборник "Пищевая промышленность".-К.,1990, с.10-12.
9. Кишенько В.Д., Пивень Е.Н. Способ автоматического управления процессом тестопритотвления. Авторское свидетельство СССР №1157529.- Б.И. 1986, №19.
10. Кишенько В.Д., Пивень Е.Н. Способ автоматического контроля процесса замеса теста. Авторское свидетельство СССР №1157530.- Б.И. 1986, №19.
11. Кишенько В.Д., Пивень Е.Н. Способ контроля интенсивности брожения жидких полуфабрикатов хлебопекарного производства. Авторское свидетельство СССР №1288599.- Б.И. 1987, №6.
12. Определение каналов управления процессами приготовления жидкой опары / Е.Н. Пивень, В.Д. Кишенько, Т.М. Горняк, Г.Ф. Калениченко. - Киев, 1983, 10 с. - Рукопись депонирована в УкрНИИТИ, №40Ук-Д83.
13. Кишенько В.Д., Пивень Е.Н., Архангельская К.С. Система автоматического управления процессами тестопритотвления./ Сб."Материалы конференции по автоматизации технологических процессов в пищевой промышленности".- Киев, 1983 - Деп. в УкрНИИТИ, №102 Ук-83, с. 59-67.
14. Автоматизация контроля технологических параметров и показателей качества полуфабрикатов при производстве подового хлеба / В.Г. Юрчак, И.М. Ройтер, Е.Н. Пивень, Ю.Б. Устинов, А.А. Карнаух, В.Д. Кишенько. - В кн.:Пути совершенствования технологических процессов и оборудования для производства, хранения и транспортировки продуктов питания. Тезисы докладов Всесоюзной научной конференции. М.: МТИП, 1984,

с.68.

15. Автоматизация контроля и регулирования процессов приготовления опары и теста при производстве пшеничного теста / В.Г. Юрчак, Кишенько В.Д., И.М. Ройтер, Е.Н. Пивень - Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции "Пути сокращения применения ручного труда в пищевой промышленности. - Запорожье, 1984, вып. I, с.34-36.
16. Пивень Е.Н., Карнаух А.А., Кишенько В.Д. Автоматизированная система оптимизации технологических процессов хлебопекарного производства. / Сб. "Пятая национальная научно-техническая конференция с международным участием "Автоматизация процессов в пищевой промышленности". - НРБ, Пловдив, 1987, с.55-56.
17. Пивень Е.Н., Кишенько В.Д. Пневматическая система автоматического управления процессом замеса теста. / Сб. "Тезисы Всесоюзного 3-го научно-технического семинара "Пневматические системы управления биологическими процессами", 1987, с.34.
18. Пивень Е.Н., Кишенько А.Д., Архангельская К.С. Оптимизация структуры распределенной АСУТП хлебозавода с целью повышения ее отказоустойчивости. - /Сб.: Автоматизация на предприятии в хранительной и биотехнологической промышленности. - Пловдив, 1990. - с.49-50.
19. Кишенько В.Д., Онщенко Ю.В. Дослідження ітераційних алгоритмів ідентифікації технологічних об'єктів на ЕОМ. - Тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції "Розробка та впровадження нових технологій і обладнання у харчову та переробні галузі АПК". - К.: КТІХ, 1993. - с.503-504.
- Kyshen'ko V.D. Automatic process operation of dough making in breadbake production.

Dissertation for obtaining scientist degree of technical science candidate for speciality 05.13.07 - Automatization of technological processes and production (food industry), Ukrainian State University of food technologies, Kiev, 1995.

Author defends 16 scientific works and 3 authors certificates, containing the results of theoretical and experimental researches into technological processes of dough making as an object of automatic operation, methods and systems of automatic control and regulation of intensity of jemi-finished products fermentation in breadbake production, of specific work during dough mixing, of technological out lays of dry substances in flour during dough production are maintained. Mathematical model of dough making processes as an objekt of operation and algorithym of its parametres adaptation are elaborated. The algorithym and system of optimal operation of dough making production are created. Inoculation of this operation system in production is put into the practice.

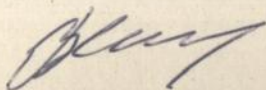
Кишенько В.Д. Автоматическое управление процессами приготовления теста в хлебопекарном производстве. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 - Автоматизация технологических процессов и производств (пищевая промышленность), Украинский государственный

университет пищевых технологий, Киев, 1996.

Защищается 16 научных работ и 3 авторских свидетельства, которые содержат результаты теоретических и экспериментальных исследований технологических процессов приготовления теста как объекта автоматического управления; способы и системы автоматического контроля и регулирования интенсивности брожения полуфабрикатов хлебопекарного производства, удельной работы при замесе теста, технологических затрат сухих веществ муки при производстве опары и теста. Разработана математическая модель процессов приготовления теста и алгоритм адаптации ее параметров. Создан алгоритм и система оптимального управления процессами приготовления теста. Осуществлено внедрение разработанной системы управления в производство.

Ключові слова:

оптимальне управління, ідентифікація, процеси приготування
тіста



Підписано до друку 22.05.95р. Формат 60x84/16
Папір друк. Умов. друк. л. 1,0. Тираж 100 примірник. Заказ № 732

Надруковано ЦУОМ ДНПМ "Плодвінконсерв" м.Київ, Саксаганського, 1.

453217

Ac 32.634
AB 32.634