

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

На правах рукопису

УДК 664.653.8.016-52

Ладанюк Олег Анатолійович

АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗАНИМИ ПІДСИСТЕМАМИ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ХАРЧОВИХ ВИРОВНИЦТВ

05.13.07 - Автоматизація технологічних
процесів та виробництв
(харчова промисловість)

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1996

№ 35.753

Дисертація є рукопис.

Робота виконана в Українському державному університеті харчових технологій

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент Бевз В.І.

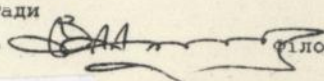
Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор Скрипник Ю.О.
кандидат технічних наук, доцент Жученко А.І.

Провідна організація: НВК "Київський інститут автоматики"

Захист дисертації відбудеться " 30 " жовтня 1996 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 " 25 " вересня 1996 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої Ради канд. техн. наук, доцент  Білоненко В.М.

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00760615 (P)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Технологічні комплекси (ТК) харчової промисловості є складними системами, які складаються із значної кількості функціонально необхідних ступенів переробки сировини та напівпродуктів. В складі ТК можна виділити окремі підсистеми, кожна з яких має свої критерії управління, математичні моделі та обмеження. Підсистеми ТК мають численні зв'язки між собою по матеріальних та енергетичних потоках, а також по впливу на якісні показники напівпродуктів та готового продукту. При оцінці ефективності функціонування ТК саме взаємні зв'язки між підсистемами мають найбільш суттєве значення. В той же час в харчовій промисловості при автоматизованому управлінні ТК фактично не враховуються взаємні зв'язки між підсистемами, відсутня координація їх роботи що значно знижує техніко-економічні показники функціонування автоматизованих ТК.

На сучасному етапі розвитку автоматизації виробництва автоматизоване управління ТК здійснюється з використанням принципів розподіленого управління на базі мікропроцесорної техніки та ЕОМ, об'єднаних в мережі різного рівня та призначення. Для реалізації такого управління необхідне алгоритмічне забезпечення, в першу чергу задач оптимізації підсистем та координації їх роботи.

Таким чином, розробка принципів та методів автоматизованого управління ТК харчових виробництв із взаємозв'язаними підсистемами є актуальною науково-технічною проблемою.

Робота виконана у відповідності з планами науково-дослідних робіт Українського державного університету харчових технологій, дослідження проводилися по темі № РК 0194U034102.

Мета роботи полягає в розробці автоматизованих систем управління ТК харчових виробництв, які складаються із взаємозв'язаних підсистем, при цьому зв'язки між підсистемами справляють вирішальний вплив на техніко-економічні показники функціонування ТК.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати комплекс задач: визначити систему показників, які характеризують властивості та процес функціонування ТК як об'єктів управління; розробити структуру системи оперативного управління ТК; розробити методи та алгоритми вицілення підсистем в складі ТАК КАК; створити комплекс математичних моделей (ММ) для опису процесу функціонування систем управління (СУ) та розв'язання задач оптимізації підсистем та координації їх роботи; розробити та дослідити процедури функціонування

ІНСТИТУТ
НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
АН України

координації роботи підсистем в складі ТК цукрового заводу; використати результати досліджень для оптимізації структури розподілених мікропроцесорних автоматизованих систем управління технологічними процесами (МАСУТП) для умов ТК цукрового заводу.

Наукова новизна роботи полягає в розробці методики створення автоматизованих систем оперативного управління ТК із взаємозв'язаними підсистемами на основі оптимізації та координації їх роботи та використанні принципів розподіленого управління.

Науковий вклад в розв'язання проблеми полягає в: постановці задачі управління ТК одного класу на прикладі ТК цукрового заводу; розробці структури підзадач ієрархічної системи управління; розробці складу алгоритмічного та програмного забезпечення МАСУТП для ТК цукрового заводу; отриманні комплексу ММ для підсистем ТК на основі алгоритмів методу групового урахування аргументів (МГУА), які забезпечують необхідну точність та можливість адаптації в процесі роботи; розробці алгоритму визначення кількості підсистем ТК; розробці процедур та алгоритмів координації роботи підсистем; розробці функціональної структури системи управління ТК з урахуванням зв'язків між підсистемами.

Практична цінність роботи. За результатами теоретичних та експериментальних досліджень розроблена ієрархічна система управління ТК із взаємозв'язаними підсистемами (на прикладі цукрового виробництва). Запропоновано склад алгоритмічного та програмного забезпечення системи управління ТК, яка включає підзадачі автоматичного регулювання, логіко-програмного управління, оптимізації підсистем та координації їх роботи. Розроблена функціональна структура системи автоматизації, яка може використовуватись при автоматизованому управлінні ТК із взаємозв'язаними підсистемами. З її реалізацією на базі мікропроцесорних контролерів і ПЕЕМ.

Реалізація результатів. Результати досліджень використані при розробці "Рекомендацій по створенню автоматизованих технологічних комплексів в складі комп'ютерно-інтегрованого виробництва (харчова промисловість)", затверджених Держхарчпромом України 19.01.96 р. (КДЦ МВУ 18.051-96), створенні МАСУТП для цукрових заводів, а розроблені процедури та алгоритми координації досліджено в діалоговому режимі на Хоростківському цукровому комбінаті.

Основні положення, що виносяться на захист: результати досліджень властивостей ТК харчових виробництв та процесу їх функціонування; методи та алгоритми виділення підсистем в складі ТК;

структура підзадач ієрархічної системи управління ТК; склад алгоритмічного та програмного забезпечення системи управління ТК; постановка підзадач оптимізації підсистем та координації їх роботи; процедури та алгоритми координації роботи підсистем ТК; комплекс математичних моделей для розв'язання підзадач оптимізації підсистем; функціональна структура системи управління ТК із взаємоз'язаними підсистемами.

Апробація роботи. Основні результати досліджень доповідались на наукових конференціях та семінарах: Республіканській науково-технічній конференції "Розробка та впровадження високоефективних ресурсозберігаючих технологій, обладнання і нових видів харчових продуктів в харчову та переробні галузі АПК" (Київ, 1991р.); Республіканському науково-практичному семінарі "Мікропроцесорні системи управління технологічними комплексами харчової промисловості: досвід розробки та експлуатації" (Київ, 1992р.); Міжнародній науково-технічній конференції "Розробка та впровадження нових технологій та обладнання у харчову та переробну галузі АПК" (Київ, 1993р.); інженерно-практичній конференції з проблем забезпечення харчової промисловості сучасними засобами вимірювання і автоматизації (Одеса, 1994р.); 3-й міжнародній науково-технічній конференції "Контроль і управління в технічних системах" (Вінниця, 1995р.); Всеукраїнській науково-технічній конференції "Розробка та впровадження прогресивних технологій та обладнання в харчовій та переробній промисловості" (Київ, 1995р.).

Публікації. По змії дисертації опубліковано 12 друкованих праць, в яких викладено основний зміст виконаних досліджень.

Структура і об'єм роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, списку літератури із 122 найменувань, додатків. Текст викладено на 136 стор., він включає 17 рисунків, 6 таблиць та додатки.

Особистий внесок у розробку наукових результатів. Особисто автором розроблені положення, викладені в розділі автореферату "Основні положення, що виносяться на захист". В публікаціях у співавторстві особистий внесок автора полягає в наступному: в [2] отримано оцінку оптимальності структури системи та показано шляхи розв'язання задачі; в [4,5] поставлена задача координації роботи підсистем ТК, наведено алгоритм її розв'язання; в [7] наведено результати дослідження отриманих автором ММ; в [9,12] показано використання мікропроцесорних засобів для реалізації нестандартних ал-

горитмі; в [11] показано залежність ефективності роботи ТК від рівня автоматизації.

ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ. Показана актуальність роботи з точки зору важливості проблеми оперативного оптимального управління технологічними комплексами харчових виробництв із взаємозв'язаними підсистемами, викладено зміст основних розділів, поставлено мету досліджень.

Перший розділ присвячено аналізу властивостей ТК харчових виробництв як об'єктів управління, які складаються із взаємозв'язаних підсистем, причому ці зв'язки мають вирішальне значення при управлінні ТК. Виконано аналіз існуючих підходів та відомих робіт по створенню систем управління для ТК. Показано, що у відповідності із структурою ТК, перспективними напрямками управління ними є створення ІМАСУПІ технологічними процесами. Задача управління ТК при сучасному підході повинна бути складовою частиною загальної задачі управління комп'ютерно-інтегрованим виробництвом. Обособлені локальні автоматизовані системи управління не забезпечують необхідної оперативності і, як наслідок, не дають змоги зменшити витрати необхідних ресурсів на виробництві без їх об'єднання в єдину систему.

В роботі розглядаються технологічні комплекси цукрових та спиртових заводів, які є найбільш складними за процесами, що неперервно протікають в них на протязі тривалих періодів (сезонів). Враховуючи необхідність створення ефективних програмно-технічних комплексів та використання систем автоматизованого проектування, доцільно класифікувати ТК. В роботі розвинено та доповнено існуючу класифікацію хіміко-технологічних систем та наведено комплекс класифікаційних ознак з їх кількісними оцінками для виділення ТК в один клас об'єктів управління.

Головний висновок наведеного в роботі аналізу властивостей ТК та напрямків розвитку ІМАСУПІ полягає в тому, що для конкретного ТК при існуючих показниках функціонування існує оптимальна структура системи управління.

Науково-технічними основами роботи є методи теорії систем, системного аналізу, теорії множин та відношень, методи класифікації, оптимального управління, ймовірнісні методи. Основоположними є роботи Гудилкова В.М., Івахненка А.Г., Косюка В.І., М. Месаровича, Кунцевича В.М., Маміконова А.Г., Цвіркуна А.Д. та інші.

В результаті розв'язувана проблема створення оптимальної системи управління ТК перебачає синтез структури управляємої частини (формування об'єкта управління, наприклад по кількості підсистем) та синтез системи управління (формування функціональної та технічної структури).

Показано, що створення сучасних комп'ютерно-інтегрованих виробництв без координації роботи окремих підсистем неможливе, що виділяє в окрему проблему розробку та реалізацію алгоритмів координації.

Нарешті, при визначенні оптимальної структури системи управління важливе місце займає вибір обґрунтованого критерію оптимізації. В багатокритеріальних задачах прийняття рішень стосовно розв'язуваної задачі можна використовувати згортку критеріїв, наприклад у вигляді:

$$F(W) = \sum_{i=1}^n a_i \varphi_i (f_i(W)), \quad (1)$$

де: $f_i(W)$ - функції, які залежать від характеристик систем (надійності, точності, тощо); φ_i - монотонні перетворення, які приводять f_i до безрозмірного виду; a_i - вагові коефіцієнти, які відображають цінність i -го критерію; W - варіант структури системи.

Використання виразу (1) потребує застосування експертних оцінок та додаткових прийомів, наприклад попереднього ранжирування, безпосередніх оцінок, послідовних поступлень і т. ін., що не завжди зручно. Для умов роботи ТК харчових виробництв краще використовувати зведені показники ефективності (економічності), які формуються на основі прибутку шляхом порівняння пари показників "витрати-результати". Саме цей підхід максимально враховує властивості досліджуваних об'єктів (технологічних підсистем чи комплексів в цілому).

В другому розділі викладено результати дослідження процесу функціонування ТК та розроблено комплекс підзагач управління. При постановці задачі управління ТК та оцінці їх ефективності враховано високу вартість сировини та енергетичних ресурсів, сезонність виробництва, змінюваність в широкому діапазоні характеристик основного та допоміжного обладнання, різну тривалість періодів оперативного управління. Експериментально показано, що підсистеми ТК харчових виробництв працюють в різних режимах, які змінюються в досить широкому діапазоні. При цьому оптимізація n -ої підсистеми

ТК викликає необхідність зміни технологічних режимів (n-1)-ої та (чи) (n+1)-ої підсистем. Таким чином, загальноприйнятий підхід, коли здійснюється локальний вибір режиму окремої підсистеми, не дає бажаного ефекту і потрібне узгодження (координація) роботи підсистем, що виражається у зміні як навантажень (матеріальних потоків), так і режимів роботи підсистем для досягнення високих техніко-економічних показників.

При постановці задачі управління ТК здійснювалась оптимізація роботи окремих підсистем. Аналіз експериментальних даних показав, що при цьому основну роль відіграють задачі статичної (квазістатичної) оптимізації.

Оцінка функціонування ТК з системою управління виконувалась на основі узагальненого економічного показника типу прибутку:

$$P = \int_0^{T_{\text{зв}}} \left(\sum_{k=1}^m V_k C_k - \sum_{l=1}^n Z_l \right) dt, \quad (2)$$

де: $T_{\text{зв}}$ - звітний період часу; V_k, C_k - відповідно випуск та ціна k-го продукту; Z_l - затрати на випуск продукції, включаючи затрати на СУ. Для задач оперативного управління вираз (2) приводиться до виду:

$$E_p = \int_0^T \left(\sum_{k=1}^m V_{k\text{оп}} C_{k\text{оп}} - \sum_{l=1}^n Z_{l\text{оп}} \right) dt, \quad (3)$$

де: T - інтервал оперативного управління; $C_{k\text{оп}}$ - ціна продукту чи напівпродукту, яка умовно формується на S-тій підсистемі ТК, причому

$$\sum_{S=1}^N C_{k\text{оп}} = C_k. \text{ На основі виразу (3) можна зробити оцінку оптимально-}$$

го рівня автоматизації, який відповідає оптимальній структурі системи управління ТК. Тоді оптимальний рівень автоматизації буде:

$$P_{\text{опт}} = \arg \max_{\beta_1} E_{pj}(P); \text{ при } U \in \Omega_U, X \in \Omega_X, \quad (4)$$

де: E_{pj} - розрахунковий ефект від впровадження j-ої системи; β_1 - ступінь автоматизації i-ої функції; U, X - вектори управлінь та координат стану.

Процес функціонування ТК цукрового виробництва характеризується такими узагальненими показниками: кількість точок контролю-384 (за існуючим технологічним регламентом), кількість точок управління-217. Для ТК спиртового виробництва ці цифри складають відповідно 501 та 203.

Проведений аналіз властивостей ТК та процесу їх функціонування дозволяє так визначити загальну задачу управління: технологічні комплекси розбиваються на підсистеми, які характеризуються векторами вхідних та вихідних змінних, для кожної підсистеми визначаються підзадачі автоматичного регулювання, логіко-програмного управління та оптимізації технологічних режимів. При цьому глобальна цільова функція для ТК має техніко-економічний зміст типу (2), вона є адитивною що дає можливість розв'язувати загальну задачу як сукупність локальних (для підсистем). Враховуючи значний вплив зв'язків між підсистемами на ефективність роботи ТК, виникає об'єктивна необхідність координувати роботу підсистем, тобто формується підзадача координації. Таким чином система управління ТК є ієрархічною, використовує методи багаторівневої оптимізації і декомпозиції, а визначальною є ієрархія підзадач управління з урахуванням специфіки конкретного ТК.

Самостійною задачею є виділення підсистем в складі ТК, що безпосередньо визначає структуру системи. Тут необхідно враховувати, що існує природне розбиття ТК на підсистеми, які відповідають окремим дільницям чи установкам, а з точки зору системи управління існує такий варіант визначення кількості підсистем, який забезпечує найменші затрати на управління. Формується допосміжна задача оптимізації:

$$G(p_k) \rightarrow \min, p_k \in P, \quad (5)$$

де: p_k - варіант розбиття; P - множина допустимих варіантів; $G(p_k)$ - затрати на розв'язання задачі управління.

При визначенні кількості підсистем доцільно враховувати такі евристичні правила: розмірності локальних задач повинні бути по можливості однаковими, що відповідає регулярній структурі системи; оптимальному варіанту структури відповідає умова, що максимальний час реалізації локальних задач наближено дорівнює часу розв'язання задачі координації.

Розроблено алгоритм визначення оптимальної кількості підсистем в складі ТК.

В третьому розділі розглядається оптимальне управління ТК цукрового виробництва. Обґрунтовано вибір критерію оптимальності, який відповідав би наведеній вище постановці задачі управління. Для цукру того виробництва формування прибутку на кінцевому інтервалі часу $\Delta t = t_1 - t_2$ визначається виразом:

$$\Pi = \int_{t_1}^{t_2} (B_{\text{Ц}} + G_{\text{М}}C_{\text{М}} + G_{\text{Ж}}C_{\text{Ж}} - \sum_{i=1}^K Z_i) dt, \quad (6)$$

де: $B_{\text{Ц}}$ - вихід цукру; $C_{\text{Ц}}$, $C_{\text{М}}$, $C_{\text{Ж}}$ - ціни цукру, меляси, жому; $G_{\text{М}}$, $G_{\text{Ж}}$ - вихід меляси та жому; Z_i - затрати на сировину, матеріали, паливо, зарплату, експлуатацію обладнання, цехові та загальнозаводські витрати.

Вираз (6) є основою для декомпозиції загальної задачі управління, на його основі формуються критерії оптимальності задач управління окремими підсистемами та отримуються оперативні оцінки процесу функціонування автоматизованого ТК.

Для реалізації задачі оптимального управління основними дільницями ТК отримано комплекс ММ на основі методу регресійного аналізу та МГВА. Для цього використовувався експериментальний матеріал, отриманий при статистичному аналізі процесу функціонування ТК цукрових заводів (Чортківського, Хоростківського, Рокитнянського, Саливонківського). При обробці статистичного матеріалу використовувались перешкодостійкі алгоритми МГВА із застосуванням прийомів виправлення "забруднених" вибірок шляхом послідовного багатократного цензурування (виключення аномальних даних). Показано, що алгоритми МГВА забезпечують отримання математичних моделей, оцінки точності яких значно вищі, ніж при використанні регресійних методів. Для кожної змінної в математичній моделі використовується час еквівалентного зсуву, кратний часу дискретизації вибірки τ (часу між суміжними значеннями змінної в експерименті). Для кожної з підсистем ТК отримано комплекс математичних моделей.

Для розв'язання задачі автоматизованого управління ТК та формування ієрархії підзадач (автоматичне регулювання, логіко-програмне управління, оптимізація підсистем, координація їх роботи) з існуючих методів формалізації процесу функціонування складних систем (теоретико-множинний, теоретико-ігровий, декомпозиційні) обрано символічний, коли задача управління ТК представляється у вигляді:

$${}^{(n)}Z_{\text{ТК}} = \{ {}^{(n-1)}Z_1, {}^{(n)}Z_K \}, \quad i \in {}^{(n-1)}J, \quad (7)$$

де: Z_1 - підзадача управління підсистемою; Z_K - підзадача координації; n - рівень системи.

На основі виразу (7) складні підсистеми можна розкласти на прості, і це можна продовжувати до отримання елементарних підсистем, для яких існує підзадача ${}^{(1)}Z_1$.

При формуванні загальної структури управління ТК використовуються вирази для критеріїв ефективності підсистем:

$$J_i = \int_0^T (\Psi_i Y_i(t) - (\Psi_j J_j(t) + \Psi_k Y_k(t))) dt, \quad (8)$$

де: Ψ_i, Ψ_k - коефіцієнти вартості, які враховують ціни потоків змінних взаємодії $Y_k(t)$ та управління $U(t)$.

Четвертий розділ присвячено розробці та дослідженню алгоритмів координації в системах управління ТК цукрового виробництва. Показано, що навіть оптимальне управління кожною з підсистем ТК не дає можливості отримати найвищі показники його функціонування без узгодження роботи підсистем, тобто формування задачі координації. Для ТК цукрового виробництва показано, що в існуючих обмеженнях на технологічні змінні реалізація рішень підзадач нижнього рівня забезпечує досягнення загальної мети функціонування системи на основі показника (6).

Додатковими умовами розробки алгоритмів координації є питання коректності підзадач управління (існування, єдиності та стійкості рішення), стійкості алгоритмів до обчислювальних похибок, можливість реалізації за допомогою технічних засобів.

Формування задачі координації роботи підсистем засновується на виділенні $\{P_i\}$, $i \in \Omega$ підсистем, для кожної з яких записується локальна функція мети:

$$J_i = \Phi_i(U_i, X_i, Z_i), \quad i \in \Omega \quad (9)$$

та вектор-функція вихідних координат

$$Y_i = \Psi_i(U_i, X_i, Z_i), \quad i \in \Omega, \quad (10)$$

де: X_i - вектор взаємодій підсистем; U_i - вектор управлінь; Z_i - вектор збурень; Ω - множина виділених підсистем.

Задача оперативної оптимізації статичних режимів ТК при умові адитивності загальної функції мети записується так:

$$\max \sum \Phi_i(U_i, X_i, Z_i) \quad \text{при} \quad Y_{ij}(U_i, X_i, Z_i) = X_{ij} \quad (11)$$

$$U_i, X_i, i \in \Omega$$

на часовому інтервалі розв'язання задачі та обмеженнях

$$u_i \in U, \quad x_i \in X, \quad y_i \in Y, \quad i, j \in \Omega, \quad (12)$$

де: Y_{ij} - вектор-функція вихідних координат, яка враховує вплив i -ої підсистеми на j -ту; X_{ij} - вектор вихідних змінних взаємодії i -ої та j -ої підсистем; U, X, Y - множини допустимих значень u_i, x_i, y_i .

Основними процедурами координації для ТК цукрового виробництва передбачається: розв'язання задачі координації визначається, вихо-

дячи з необхідності розв'язання загальної задачі управління ТК на основі розв'язання підзадач нижнього рівня; існує можливість отримання адекватних ММ підсистем та їх ідентифікації і адаптації в умовах існуючих збурень; використовуються ітераційні процедури, що дає можливість отримання та використання ефективних проміжних результатів; на кожній ітерації передбачається найбільше зростання показника ефективності ТК з урахуванням зв'язків між підсистемами.

На основі наведених процедур розроблено алгоритм координації, який включає такі блоки:

визначаються деякі допустимі значення $\bar{Y}_i = \bar{Y}_i^{(0)}$ для робочого режиму підсистем ТК;

незалежно одна від одної розв'язуються підзадачі оптимізації підсистем, які координуються при значеннях $\bar{Y}_i^{(0)}$

$$\max \varphi_1(\bar{U}_1, \bar{Y}_1), \quad (13)$$

$$u_1 \in U_1$$

визначається значення функції ефективності для ТК;

формується вектор $\bar{Y}_1^{(n+1)}$;

оцінюється функція ефективності для ТК:

$$\max_{u \in U} \varphi(\bar{U}, \bar{Y}) = \sum_{i=1}^N \varphi(\bar{U}_i, \bar{Y}_i^{(n+1)}); \quad (14)$$

перевіряються умови зупинки процесу координації

$$|\varphi^{(n+1)} - \varphi^{(n)}| \leq \varepsilon, \quad (15)$$

де: ε - задане мале число;

при невиконанні умови (15) здійснюється нова ітерація, починаючи з другого блоку, при виконанні змінні взаємодії є оптимальними \bar{Y}_1 .

При реалізації алгоритмів координації важливим є вибір методу розв'язання задач оптимізації підсистем та координації їх роботи. Для задач координації кращі результати дає метод приведенного градієнта (забезпечує більшу ефективність в задачах з обмеженнями типу рівностей та можливість використання результатів проміжних ітерацій).

Дослідження алгоритмів координації на першому етапі проводилось методом чисельного експерименту. Для трьох головних ланок ТК цифрового виробництва, які працюють у неперервному режимі на значних горизонтах управління, - екстрагування, очистка та видарювання соку, формалізована задача управління в постановці (9)-(12).

Задача координації має вигляд:

$$\begin{aligned} & N \\ & \sum_{i=1}^N J_i(x_i) \rightarrow \max \quad (16) \\ & i=1 \\ & N \\ & \sum_{i=1}^N a_i x_i = b; \quad x_i \geq 0, \end{aligned}$$

де: $J_i(x_i)$ - гладкі функції; a - вектор-рядок; b - скаляр.

На рис.1 показано процес координації підсистем для обраного початкового режиму та існуючих обмеженнях на змінні взаємодії.

П'ятий розділ присвячено розробці системи управління ТК цукрового заводу. Для трьох відділень - екстрагування, очистки та випарювання соку наведено процедури формування функціональної схеми системи управління ТК у вигляді алгоритмічної структури, яка відображає послідовно виконані в попередніх розділах дослідження та їх результати. Це є основою автоматизованого проектування системи управління ТК, тобто методи індустриального створення. В процесі розробки системи виникає необхідність у виконанні ряду ітерацій, часто з поверненням на початкові етапи - формування вихідних даних, вибір критеріїв оптимальності, оцінки точності математичних моделей, тощо.

Для конкретного ТК система оптимального управління повинна забезпечувати пошук траєкторій зміни управляючих дій, які забезпечують екстремум функціоналу:

$$M \{ \Phi(x(k), U(k), y(k), Z(k), F(k)) \} \rightarrow \text{extr} \quad (17)$$

при існуючих обмеженнях у вигляді рівностей та нерівностей ($M(\bullet)$ - символ математичного сподівання). Оцінка варіанту структури системи управління може виконуватись за критерієм повних затрат:

$$F(W) = C(W) + T_c(Z_0(W) + \Delta B(W)), \quad w \in W, \quad (18)$$

де: $C(W)$ - одночасові капітальні затрати; $Z_0(W)$ - експлуатаційні затрати; $\Delta B(W)$ - втрати від неефективності системи як різниця між ідеальною B_0 та реальною $B(W)$ ефективністю системи; T_c - термін роботи (служби) системи.

Функціональна структура системи управління підсистемою ТК наведена на рис.2.

Для реалізації способів управління ТК (багаторівневих систем з використанням алгоритмів координації; компенсації взаємного впливу змінних взаємодії підсистем; структурного управління) розроблена технічна структура на основі робочих станцій, об'єднаних в локальні обчислювальні мережі. Ця структура передбачає розвиток

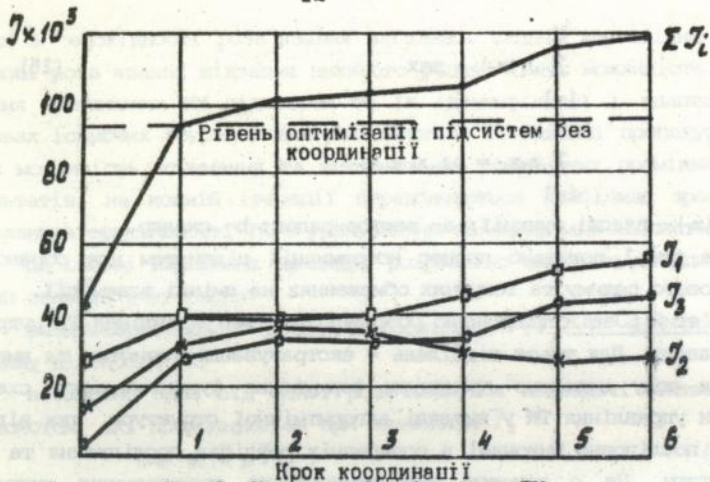


Рис.1. Координація підсистем ТК

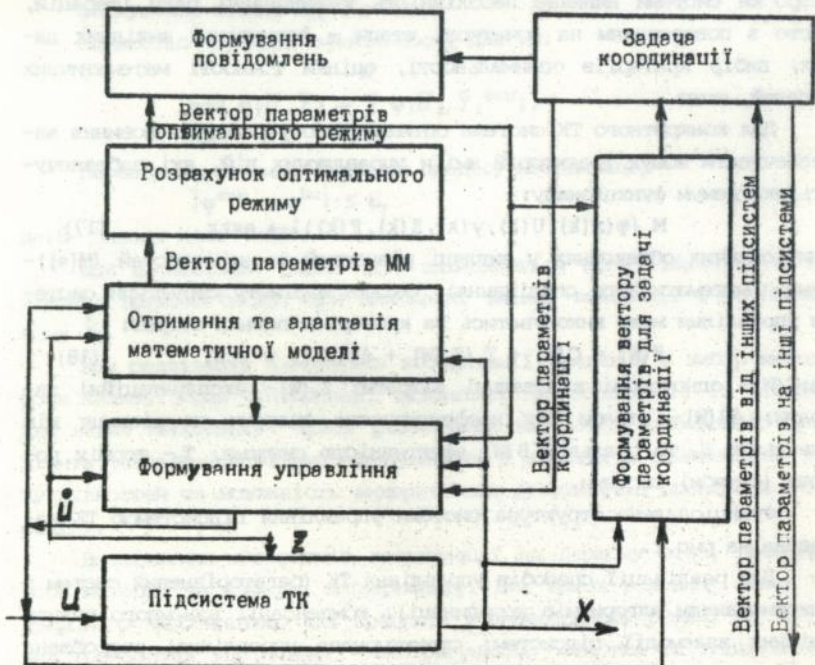


Рис.2. Функціональна структура системи управління підсистемою ТК

комп'ютерно-інтегрованих систем з трьома функціональними рівнями управління: технологічний процес (підсистема ТК) - виробництво (ТК) - підприємство. На кожному рівні виділяються робочі станції: на нижньому- локальні технологічні; на середньому- операторські та при необхідності диспетчерська (координуюча технологічна); на верхньому- організаційно-економічні.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

1. Виконано системний аналіз технологічних комплексів харчових виробництв як об'єктів управління комп'ютерно - інтегрованих систем. Сформовано комплекс показників, які дають можливість провести класифікацію ТК та аналіз процесу їх функціонування.

2. Проведено оцінку інтенсивності основних збурень, які діють на ТК, та зв'язаних з цим інтервалів управління. Показано, що сильні збурення викликають необхідність зміни технологічних режимів окремих установок та ТК в цілому. Слабкі збурення компенсуються локальними системами автоматичного регулювання та наявними накопичувальними (буферними) ємкостями. Тривалість періоду управління, зумовлена характером збурень, для ТК харчових виробництв неперервного типу становить 1,6 - 2,4 доби.

3. Для використання в системах управління ТК харчових виробництв способи управління розбиті на групи:

реалізація багаторівневих систем управління на основі використання розроблених алгоритмів координації (основні способи оперативного управління ТК);

використання методів компенсації взаємного впливу змінних взаємодії підсистем ТК з виконанням умов інваріантності та автономності (додаткові способи);

реалізація методів структурного управління за умов дії сильних збурень (по сировині, паливу, допоміжних матеріалах, ремонту обладнання).

4. Отримано комплекс експериментально-аналітичних моделей для підсистем ТК з використанням перешкодостійких алгоритмів МГУА, придатних до розв'язання задач оптимізації підсистем та координації їх роботи, які мають достатню точність.

5. Здійснена постановка задачі оптимального управління підсистем та ТК в цілому з використанням методів деконпозиції.

6. Показано, що для кожного ТК існує оптимальна кількість підсистем при реалізації розподіленого управління, розроблено алгоритм їх визначення.

7. Розроблено процедури та алгоритми координації роботи підсистем ТК, методами чисельного експеримента досліджено їх коректність та збіжність, визначено техніко-економічну ефективність.

8. Розроблено структуру підзадач ієрархічної системи управління ТК в складі комп'ютерно-інтегрованого виробництва.

9. Для умов цукрового виробництва показано існування сумісних підзадач оптимізації роботи підсистем та їх координації.

10. Показана ефективність ітеративних алгоритмів координації із застосуванням методу приведеного градієнта, коли на кожній ітерації забезпечується найбільше зростання показника ефективності ТК. При цьому в умовах дефіциту часу розв'язання загальної задачі управління можна використовувати результати проміжних ітерацій, які є завжди ефективними.

11. Розроблено структуру комп'ютерно-інтегрованої системи управління цукровим заводом, в основі якої лежать методи оптимізації роботи підсистем та координації їх роботи з використанням принципів розподіленого управління з технічною реалізацією на основі мікропроцесорних контролерів та ПЕОМ, об'єднаних в мережі.

12. Основні результати роботи перевірено за допомогою обчислювального експерименту та частково в виробничих умовах, результати використано в розроблених "Рекомендаціях по створенню автоматизованих технологічних комплексів в складі комп'ютерно - інтегрованого виробництва", затверджених Держхарчпромом України.

Основний зміст дисертації викладено в опублікованих роботах:

1. Ладанюк О.А. Оперативное управление взаимосвязанными подсистемами технологических комплексов. // Автоматизация производственных процессов. 1996. №1. с.101-104.
2. Ладанюк О.А., Бевз В.І. Вибір структури системи управління технологічним комплексом харчового виробництва. // Харчова і переробна промисловість. 1995. №11. с.22-23.
3. Ладанюк О.А. Оптимальне управління взаємоз'язаними підсистемами технологічного комплексу цукрового заводу. -К.:ДНТБ України. 1996. 9с. (Рук. деп. 21.05.96. №1237-Ук96).
4. Ладанюк О.А., Бевз В.І. Двохрівневий алгоритм координації в системах управління технологічним комплексом (ТК) цукрового заводу. // Тези доповідей всеукраїнської науково-технічної конференції. -К.: УДУКТ, 1995. -с.406.
5. Ладанюк О.А., Бевз В.І. Задача координації в системах оперативного оптимального управління технологічними комплексами харчових виробництв. // Контроль и управление в технических системах: Тезисы докладов 3-ей международной научно-технической конференции. -Винница.: 1995. -с.455.

6. Ладанюк О.А. Визначення структури систем управління технологічними комплексами харчових виробництв.// Інженерно-практична конференція з проблем забезпечення харчової промисловості сучасними засобами вимірювання і автоматизації: Тези доповідей.- Одеса.: 1994.-с.25.
7. Шелудько О.І., Терляєва Г.М., Ладанюк О.А. Дослідження математичних моделей об'єктів управління, отриманих експериментальними методами.// Розробка та впровадження нових технологій та обладнання у харчову та переробну галузі АПК: Тези доповідей міжнародної науково-технічної конференції.-К. КТХП, 1993.-с.512-513.
8. Ладанюк О.А. З досвіду використання мікропроцесорного контролера Р-130.// Харчова і переробна промисловість.1993.№2.с.28.
9. Негода Ф.В., Цыганков С.П., Ладанюк О.А. Система автоматического контроля и управления процессом очистки сточных вод сахарного завода.// Микропроцессорные системы управления технологическими процессами пищевой промышленности: опыт разработки и эксплуатации: Тезисы республиканского научно-практического семинара.-К.: Знание, 1992.-с.5.
10. Ладанюк О.А. Опыт использования Ремиканта Р-130.// Микропроцессорные системы управления технологическими процессами пищевой промышленности: опыт разработки и эксплуатации: Тезисы республиканского научно-практического семинара.-К.: Знание, 1992.-с.7-8.
11. Вушин Н.А., Ладанюк О.А., Войко В.Г. Алгоритм оценки уровня автоматизации технологических процессов и агрегатов.// Современные компьютерные системы управления для агропромышленного комплекса. Сб. науч. тр.- Киев: Ин-т автоматизи, 1991.-с.86-89.
12. Липка И.И., Ладанюк О.А., Негода Ф.В. Микропроцессорная система управления процессом дозирования.// Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающие отрасли АПК: Тезисы республиканской научно-технической конференции.-К.: КТИП, 1991.-с.455.

Ladanyuk O.A. Automated interconnected subsystems control in technological complexes for food production.

Submit dissertation for a candidate degree of technical science for speciality 05.13.07 - Automatisation of technological processes and production (food industry), Ukrainian State University of food technologies, Kiev, 1996.

The dissertation, which essence is reflected in 12 scientific essays, develops the methods and ways of technological complexes with incorporated substructures control. The research is done on the basis of theoretical and experimental investigation of both: the features of technological complexes for food production and the process of its functioning. It develops the controlling structure for technological complexes based on the subtasks of

subsystems optimisation and coordination. A set of math models based on the method of grouped arguments calculation is presented. The algorithm for the quantity determination of subsystems and their coordinated functioning is developed. All those ways of control are aimed at creation of computer integrated manufacture and put to practice on the basis of distributed microprocessor system integrated into a network and using both controllers and PC.

Ладанюк О.А. Автоматизированное управление взаимосвязанными подсистемами технологических комплексов пищевых производств.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 - Автоматизация технологических процессов и производств, Украинский государственный университет пищевых технологий, Киев, 1996.

В диссертации, содержание которой изложено в 12 научных работах, разработаны методы и способы управления технологическими комплексами со взаимосвязанными подсистемами на основе теоретических и экспериментальных исследований свойств и процесса функционирования технологических комплексов пищевых производств. Разработана структура системы управления технологическими комплексами на основе подзадач оптимизации подсистем и координации их работы. Получен комплекс математических моделей с использованием метода группового учета аргументов. Разработаны алгоритмы определения количества подсистем и координации их работы. Осуществлена реализация разработанных способов управления с помощью распределенной микропроцессорной системы на основе контроллеров и ПЭВМ, объединенных в сеть, для создания компьютерно-интегрированного производства.

Ключові слова:

технологічні комплекси, оптимальне управління, координація, мікропроцесорні системи управління.

1855

440020

AB 35.753

AB. 35. 753