

693.5
А 45

Київський національний університет
будівництва і архітектури



Аласас Ахмад

УДК – 693.542.3:62-52

БАГАТОРІВНЕВЕ УПРАВЛІННЯ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ
ПРИГОТУВАННЯ БЕТОННОЇ СУМІШІ

Спеціальність 05.13.07 Автоматизація технологічних процесів

Автореферат дисертації
на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2002

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Приготування бетонної суміші є одним з найважливіших етапів будівельного виробництва, тому від того, наскільки раціонально організований цей процес, залежить і ефективність будівництва в цілому. Тому проблемі підвищення ефективності виробництва бетонних сумішей і будівельних розчинів у даний час приділяється багато уваги не тільки в Сирії та Україні, але й в інших високорозвинених країнах.

Великим досягненням у цій області є застосування мікропроцесорних засобів і мікроконтролерів для автоматизації технологічного процесу, і побудові на їхній основі досить складних ієрархічних багаторівневих систем автоматики (АСУ ТП). Високий рівень автоматизації фактично дозволив зробити цех по виробництву бетонної суміші ділянкою одного робітника - оператора технологічного процесу.

Таким чином **актуальність теми дисертації** обумовлена широким використанням бетонів і розчинів у будівельному виробництві Сирії та України, а також необхідністю удосконалення АСУ ТП приготування технологічних сумішей в умовах постійного підвищення вимог до їх якості шляхом удосконалення математичних моделей управління і на їх базі удосконалення програмного забезпечення системи.

Мета і задачі досліджень. Метою дисертаційної роботи є дослідження ієрархічних структур автоматизованих систем приготування технологічних сумішей у будівництві з метою удосконалення їх математичного та програмного забезпечення.

Основні задачі полягають в:

- 1) розробці теорії і наукових основ побудови ієрархічних систем автоматизованого управління виробництва бетону та інших технологічних сумішей у будівництві;
- 2) реалізації теоретичних положень у вигляді алгоритмів та програм основних ієрархічних рівнів АСУ ТП для впровадження у виробництво;
- 3) впровадження одержаного інструментарію у практику виробництва товарного та технологічного бетону з ціллю підвищення якості продукції та продуктивності технологічного комплексу.

Предмет досліджень – технічне і програмне забезпечення сучасних ієрархічних комп'ютерних систем управління технологічним процесом приготування технологічних сумішей у будівництві.

Об'єкт досліджень – система автоматизованого приготування бетону та інших технологічних сумішей у будівництві.

Наукова новизна:

- 1) на основі теорії багаторівневих ієрархічних систем розроблена і досліджена трирівнева ієрархічна система управління технологічним процесом приготування бетонної суміші у будівництві, досліджені питання внутрішньорівневої і міжрівневої узгодженості ієрархічних шарів;
- 2) запропонована і досліджена інтерактивна діалогова підсистема управління складом бетонної суміші, проведена класифікація задач інтерактивної системи

як таких, котрі повинні вирішуватися обчислювальною машиною, і таких, котрі повинні вирішуватися людиною;

- 3) розроблений людино-машинний інтерфейс діалогової підсистеми;
- 4) розроблені і досліджені математичні моделі й алгоритми паралельної і послідовної координації процесів дозування за узагальненим критерієм, що дозволяють підвищити якість бетонної й інших технологічних сумішей з різними математичними моделями типу склад - властивість;
- 5) розроблений і досліджений алгоритм послідовної координації готування замісів у процесі завантаження бетоновозів товарним бетоном, що дозволяє оптимізувати технологічний процес виконання замовлення по продуктивності.

Вищевказані результати дисертаційної роботи виносяться на захист.

Практичне значення одержаних у дисертації результатів.

Розроблено, досліджено і впроваджено у виробництво математичне і програмне забезпечення ієрархічної АСУ ТП приготування бетонної суміші. Розроблено інтерактивну діалогову систему управління складом бетонної суміші за узагальненим критерієм, що дозволяє абстрагуватися від математичних моделей, використаних у технологічній лабораторії складу бетонних сумішей, і запропонувати єдину для будь-якого складу моделі управління на рівні координації роботи технологічного устаткування.

На основі віконної технології і системи директив, повідомлень і вказівок розроблений досить простих і зрозумілий для операторів бетонозмішувального вузла людино-машинний інтерфейс, що дозволяє робити ефективне управління технологічним процесом АСУ ТП приготування бетону.

Розроблені, досліджені і введені у виробництво алгоритми паралельної і послідовної координації процесів дозування, що дозволяють оптимізувати технологічний процес виконання замовлення по продуктивності для важливого для практики випадку завантаження бетоновозів товарним бетоном.

Особистий внесок у розробку наукових результатів.

Особисто автором розроблені положення, які визначають наукову новизну дисертації.

У статті "Вимір кутових переміщень з використанням безконтактних сельсинів // АВП Автоматизація виробничих процесів. Всеукраїнський науково - технічний журнал 1 (10), Київ 2000", написаної разом з Л. І. Цилюриком, автору належить побудова і дослідження похибки перетворення при управлінні дозатором дискретної дії.

У статті "Прогнозуючий алгоритм управління дозатором дискретної дії // АВП Автоматизація виробничих процесів. Всеукраїнський науково - технічний журнал 2 (11), Київ 2000", написаній разом з Л. І. Цилюриком, автору належить ідея зміни заданого значення динамічної похибки набору дози в залежності від допустимого відхилення співвідношення компонентів у суміші.

У статті "Алгоритм послідовної координації в автоматизованих системах приготування бетонної суміші."// Науково - практичні проблеми моделювання і прогнозування надзвичайних ситуацій. Збірник наукових статей. Випуск: м. Київ 2000, написаний разом з Л. І. Цилюриком, автору належить ідея компенсації динамічної похибки дозування при послідовному готуванні замісів у процесі виконання замовлення.

У статті "Ієрархія управління в системах дозування матеріалів і приготування технологічних сумішей."// Всеукраїнський науково - технічний журнал 1 (12), Київ 2001", написаний разом з Л. І. Цилюриком, автору належить ідея координації за узагальненим критерієм.

У статті "Послідовна і паралельна координація в АСУ ТП готування бетонної суміші."// Науково - практичні проблеми моделювання і прогнозування надзвичайних ситуацій. Збірник наукових статей. Київ 2002, написаний разом з Л. І. Цилюриком, автору належить ідея управління продуктивністю виконання замовлення шляхом зміни допустимої похибки дозування матеріалів у процесі послідовної координації виконаних замісів при завантаженні бетоновозів.

У статті "Математична модель управління співвідношенням компонентів в АСУ ТП приготування бетонної суміші // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. Київ 2000, написаний разом з Л. І. Цилюриком, автору належить ідея, цінність якої полягає в тому, що оператор і обчислювальна машина взаємно доповнюють один одного у процесі управління.

Впровадження результатів дисертаційної роботи

Розроблене технічне і програмне забезпечення системи автоматизованого управління приготування технологічних сумішей впроваджене у системах автоматизації Київського інституту автоматики (див. додаток А дисертаційної роботи).

Реальний економічний ефект від впровадження результатів дисертаційної роботи досягається за рахунок таких факторів:

- 1) економія матеріалів за рахунок підвищення точності дозування;
- 2) підвищення якості виробів за рахунок забезпечення пропорційного співвідношення компонентів у технологічній суміші;
- 3) зменшення кількості браку шляхом чіткого виконання вимог до параметрів технологічної суміші, контролю за ходом технологічних процесів дозування і змішування, а також ресстрації ходу технологічного процесу з можливим подальшим його аналізом, виявленням і запобіганням ситуацій, що можуть призвести до зниження якості бетону.
- 4) зменшення кількості операторів за рахунок автоматичного виконання більшості функцій системи управління.

Одночасно досягаються такі важливі для сучасного виробництва результати, як:

1) зменшення впливу шкідливих факторів (пили, вібрації, шуму та ін.) на операторів технологічного процесу за рахунок переміщення пульта управління з цеху з технологічним оснащенням у кімнату оператора з комфортними для людини умовами;

2) підвищення культури роботи за рахунок використання сучасних мікропроцесорних засобів автоматики і персональних комп'ютерів.

Результати дисертаційної роботи також використовуються в навчальному процесі Київського національного університету будівництва та архітектури.

Розділ "Управління складом бетону, як задача третього рівня ієрархічної АСУ ТП приготування бетонної суміші" використовується в навчальних цілях при викладанні курсу "Автоматизовані системи управління технологічними процесами та виробництвом" для студентів спеціальності 7.092501 "Автоматизація технологічних процесів і виробництв".

Розділи "Послідовна та паралельна координація за узагальненим критерієм" і "Локальне управління і оптимальна координація процесів приготування технологічної суміші по продуктивності" при викладанні курсу "Автоматизація технологічних процесів будівництва і промисловості будівельних матеріалів" для студентів спеціальності 7.092501 "Автоматизація технологічних процесів і виробництв".

Апробація результатів дисертації.

Основні результати роботи доповідались і обговорювались на:

- науково-практичних конференціях професорсько-викладацького складу Київського національного університету будівництва і архітектури (м. Київ, 1998, 1999, 2000, 2001 р.);
- об'єднаному науковому семінарі кафедр автоматизації будівельного виробництва, електротехніки та електроприводу та прикладної математики під керівництвом д.т.н., проф. Бушуєва С.Д.

Публікації. За результатами наукових досліджень опубліковано 6 друкованих праць в журналах за переліком ВАК, в яких викладено основний зміст виконаних досліджень дисертаційної роботи.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, основної частина (5 розділів), списку використаних джерел та 1 додатку. Загальний обсяг тексту складає 135 сторінок, в тому числі 23 рисунків. Список літератури складається із 76 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, відзначено вклад вчених в установлення та розвиток теорії і практики побудови автоматизованих систем управління процесами приготування бетонної суміші, сформульовані цілі та основні

завдання досліджень, показана наукова новизна і практична цінність одержаних результатів, а також викладено основний зміст роботи.

У першому розділі виконаний огляд наукових робіт у цій галузі, проведений аналіз структури системи управління приготуванням технологічної суміші. На основі рівняння Мещерського надана класифікація похибок дозування, можливих шляхів їх зменшення, а також існуючих алгоритмів управління дозаторами дискретної дії у складі АСУ ТП приготування бетону. Обґрунтована доцільність проведення досліджень математичного та програмного забезпечення ієрархічної структури АСУ ТП, поставлені цілі та задачі дослідження.

У другому розділі аналізуються алгоритми паралельної та послідовної координації на базі рівнянь Болема – Скрамтаєва. Згідно з цими рівняннями якість суміші для важкого бетону може бути охарактеризована в чотиривимірному просторі показників:

$$\bar{R} = \{R_1, R_2, R_3, R_4\}, \quad (1)$$

де: R_1 - відносне відхиленням водоцементного відношення;

R_2 - відносне відхиленням товщини цементного розчину;

R_3 - відношенням співвідношення розчину з води, цементу, та піску до об'єму пустот щебеня;

R_4 - відносним відхиленням об'єму крупного заповнювача з урахуванням пустот.

Показано, що для побудови координатора ієрархічного рівня управління дозаторами доцільно використовувати принцип прогнозування взаємодій. На основі цього принципу розглянуті математичні моделі послідовної і паралельної координації процесів дозування матеріалів за критерієм (1). У результаті досліджень було показано, що використання математичних моделей складу бетону в системі управління дозуючим устаткуванням недоцільно з ряду причин.

Основними з них є :

1) Застосування моделей управління складом на рівень управління технологічним устаткуванням приводить до необхідності перенесення на цей рівень термінології, що використовується в технологічній лабораторії (відносне відхилення товщини цементного розчину, відхилення співвідношення розчину з води, цементу і піску до об'єму порожнеч щебеня і ін.), що мало зрозуміло операторам технологічного процесу.

2) Математичні моделі складів легкого бетону і розчинів істотно відрізняються від моделі важкого бетону. Це приводить до необхідності використання великої кількості моделей у підсистемі управління технологічним устаткуванням.

3) Введення нових добавок приводить до необхідності корекції існуючих моделей управління складом. З метою спрощення структури АСУ ТП готування будівельних сумішей доцільно використовувати досягнення сучасної теорії ієрархічних систем з розподілом задач і функцій по ієрархічним рівням.

4) Для спрощення математичної моделі і підвищення оглядовості процесу координації роботи дозуючих і змішувальних агрегатів бетонозмішувального вузла доцільне виділення підсистеми управління складом бетонної суміші в окрему підсистему, що є предметом розгляду в наступному розділі.

Для усунення цих недоліків пропонується трирівнева ієрархічна модель управління технологічним процесом приготування бетонної суміші (Рис. 1).

У третьому розділі розглядається третій рівень управління, як інтерактивна система реального часу. Пропонується розподіл функцій між обчислювальною машиною та людиною. Основною задачею обчислювальної машини є складання і рішення системи лінійних рівнянь змінної розмірності, що зв'язані з визначенням ваги матеріалів для приготування суміші з урахуванням взаємного входження компонентів одних матеріалів у склад других. Система має вигляд:

$$\begin{cases} C_{K1}^{b1} P_{b1} + C_{K1}^{b2} P_{b2} + \dots + C_{K1}^{bNr} P_{bNr} = C_1 V_z; \\ C_{K2}^{b1} P_{b1} + C_{K2}^{b2} P_{b2} + \dots + C_{K2}^{bNr} P_{bNr} = C_2 V_z; \\ \dots \\ C_{KNr}^{b1} P_{b1} + C_{KNr}^{b2} P_{b2} + \dots + C_{KNr}^{bNr} P_{bNr} = C_{Nr} V_z; \end{cases} \quad (1)$$

де: C_{Kj}^{bi} - зміст компоненту, код якого K_j , в матеріалі бункера b_i ;

P_{bi} - вага матеріалу, що підлягає дозуванню із b_i -го бункера;

C_i - відносний зміст i -го компоненту у рецепті;

V_z - заданий об'єм суміші;

Nr - кількість компонентів у рецепті.

У результаті розв'язання системи (1) можливі різні випадки. Якщо ранг матриці коефіцієнтів правої частини рівнянь рівний її розміру, тоді існує тільки один розв'язок системи (1). При цьому елементи вектора можуть бути і від'ємними. Від'ємне значення елемента свідчить, що склад матеріалів даного бункера не дозволяє підібрати їх вагу так, щоб витримати заданий рецептом склад компонентів у суміші.

Показано також, що можливий випадок, коли існує нескінченна кількість розв'язків системи. Якщо серед нескінченної множини рішень існує підмножина з усіма додатними розв'язками, то виникає задача вибору із нескінченної кількості розв'язків найбільш раціонального для даної ситуації. Показано, що у даному випадку можливо прийняти же які значення вектору ваги матеріалів рівними нулю, що фактично скорочує кількість матеріалів для приготування технологічної суміші. Це в свою чергу приводить до скорочення кількості технологічних агрегатів, необхідних для використання у процесі виконання замовлення. Людина в інтерактивній системі вирішує задачі, які важко формалізувати. Для зв'язку оператора і машини пропонується інтерфейс, що використовує досягнення віконної технології, а також систему директив та вказівок.

У четвертому розділі розглянуті алгоритми паралельної та послідовної координації технологічного процесу приготування бетонної суміші (рис. 1), що складають другий рівень ієрархії. Структурна схема взаємодії задач реального часу при виконанні замовлення показана на рис. 2. Як видно, паралельна координація має місце при управлінні процесами дозування. У роботі показано, що послідовна координація процесів дозування недоцільна через значне зниження продуктивності системи дозаторів. Використання послідовної координації пропонується при управлінні процесами приготування замісів.



Рис. 1. Структурна схема планування складу та приготування бетонної суміші.

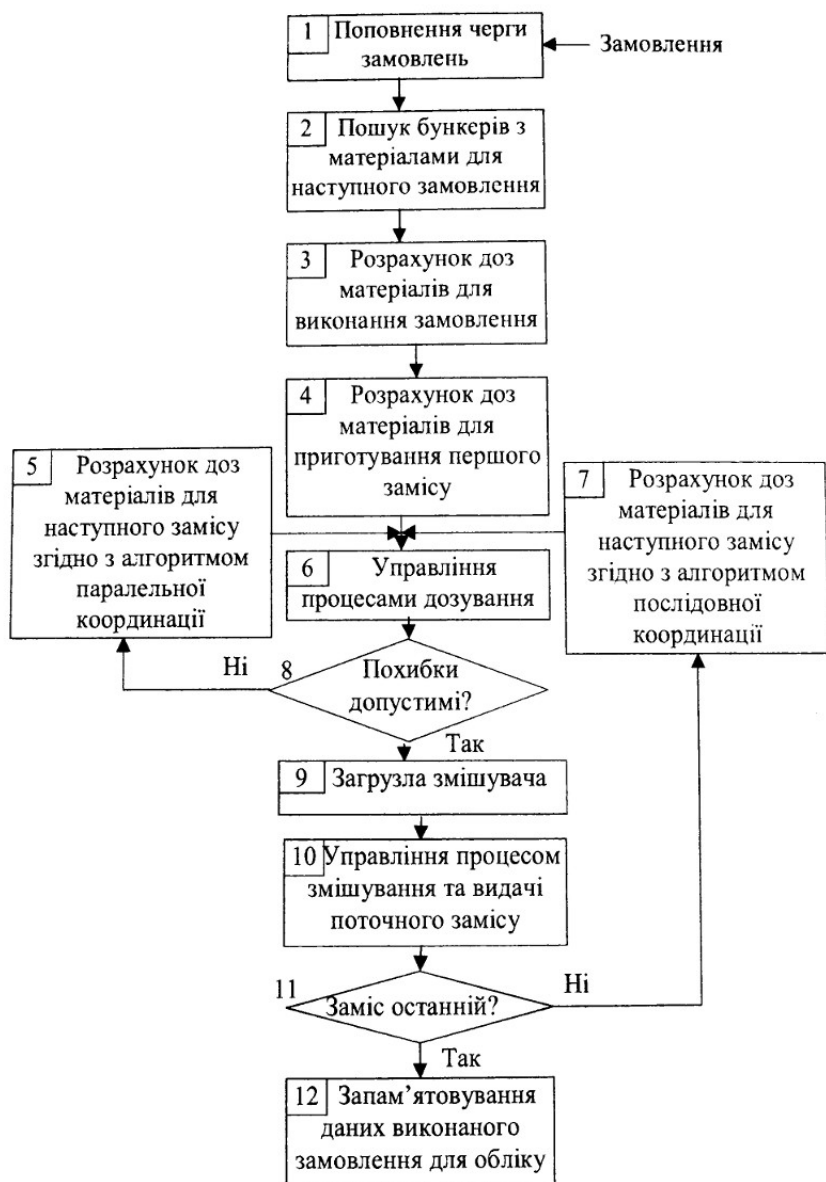


Рис. 2. Структурна схема взаємодії задач реального часу при виконанні замовлення.

У роботі пропонується розглядати задачу паралельної координації процесів дозування, як задачу задовільного рішення. Розглянуто три варіанти побудови цільової функції, отже і умови закінчення процесів дозування.

Варіант 1. Задачу буде вирішено, якщо всі помилки дозування будуть знаходитися у допустимих межах:

$$\forall (i \in [1, N_r]) [|m_i - m_i^r| \leq \delta_i^m], \quad (2)$$

де: m_i^r - задана рецептом вага i -го матеріалу;

m_i - дійсна вага i -го матеріалу;

δ_i^m - максимальне значення помилки дозування i -го матеріалу;

N_r - кількість компонентів у рецепті.

Якщо $m_i = km_i^r$, то при достатньо великому значенні коефіцієнту k , одне, або декілька відхилень $\delta_i = |m_i - km_i^r|$, будуть знаходитись за припустимими межами. Тобто, згідно з цільовою функцією така суміш вважається непридатною до використання. Але, якщо вважати, що заданий об'єм суміші буде рівний значенню kV_z , то така суміш згідно з цільовою функцією буде ідеальною, оскільки всі відхилення δ_i будуть рівні нулю. Тобто, значення цільової функції залежатимуть від заданого об'єму суміші, який не впливає на її якість.

Варіант 2. Розмірність доз матеріалів співпадає. Тоді з метою усунення недоліку за першим варіантом, показником якості суміші будемо вважати величину відхилень відносного складу компонентів у суміші від заданого рецептом. Вектор відхилень буде:

$$\bar{\delta}_r = \{\delta_1^r, \delta_2^r, \dots, \delta_{N_r}^r\}, \quad (3)$$

де:

$$\delta_i^r = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^{N_r} m_i} - \frac{m_{ri}}{\sum_{i=1}^{N_r} m_i}.$$

Умова закінчення циклів координації буде:

$$\forall (i \in [1, N_r]) [|r_i - r_i^r| \leq \delta_i^r].$$

Такий підхід вільний від недоліку за варіантом 1, але він може бути використаний тільки у випадку, коли розмірність доз матеріалів співпадає. На практиці розмірність одиниць виміру кількості матеріалів у заданій кількості при дозуванні можуть не співпадати. Наприклад, дозування піску і щебеню виконується у кілограмах, а води і добавок у літрах.

Варіант 3 пропонується, коли розмірність доз матеріалів може не співпадати. Показником якості суміші вважається міра відхилень від заданого рецептом відношення розміру доз компонентів до об'єму суміші.

$$\delta_i^r = \frac{m_i - V_z R_i}{V_z}, \quad (4)$$

де: V_z - заданий об'єм суміші;

R_i - відносний склад і-го матеріалу у суміші.

Але в цьому випадку, як і за першим варіантом, показники якості суміші будуть залежати від того, який об'єм вважати заданим. На рис. 3 показані графіки залежності показника (3) від заданого об'єму дози для випадку, коли суміш складається із чотирьох компонентів, заданий об'єм суміші дорівнює одному кубічному метру, а похибки дозування становлять 1;-4,5;-2,1;10,5% (рис.3).

Графіки побудовані у інтервалі $[V_{\min}, V_{\max}]$. Значення границь визначені за формулами:

$$V_{\min} = \min_{i=1..N_r} \left[\frac{m_i}{R_i} \right], \quad (5)$$

$$V_{\max} = \max_{i=1..N_r} \left[\frac{m_i}{R_i} \right].$$

Враховуючи залежність похибок (4) від об'єму дози, умову закінчення послідовності циклів паралельної координації (блок 8, рис. 2) пропонується визначати таким чином:

$$\exists (V \in [V_{\min}, V_{\max}]) \forall (i \in [1, N_r]) [\delta_i^r \leq \delta_i^{rm}], \quad (6)$$

де: δ_i^{rm} - максимальна допустима похибка δ_i^r при дозуванні і-го матеріалу.

У роботі пропонуються алгоритми послідовної координації процесів приготування бетонної суміші, які діляться на два класи: обмеженої і необмеженої координації. Обмежена координація має місце, коли виготовляється технологічний бетон, що видається на формовочні ділянки. Основною її особливістю є та, що компенсація похибки дозування попереднього замісу шляхом корекції дози поточного замісу не допускається. Необмежена координація має місце, коли виготовляється товарний бетон. Якщо його доставка замовнику виконується бетоновозами, то усі заміси змішуються по дорозі. Це дає можливість компенсації похибки дозування попереднього замісу шляхом корекції дози поточного замісу.

На рис. 4 показані графіки залежності похибок об'єму виконаного замовлення від кількості замісів, що характеризують ефективність запропонованих у дисертації алгоритмів обмеженої і необмеженої координації.

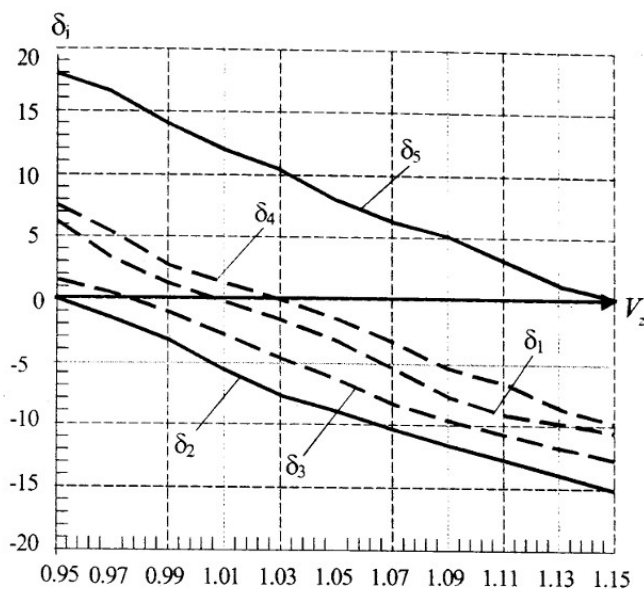


Рис. 3. Графіки залежності допустимих відхилень співвідношення компонентів суміші від об'єму заповнення.

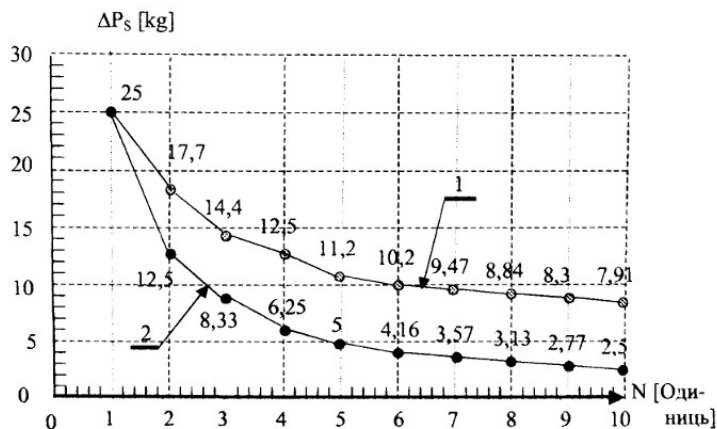


Рис. 4. Графіки залежності похибки об'єму виконаного заповнення від кількості замісів:
 1-послідовність значень похибки при обмеженій координації;
 2-послідовність значень похибки при необмеженій координації.

У п'ятому розділі розглянуті алгоритми оптимальної за швидкістю послідовної координації приготування замісів. Якщо бетонна суміш видається декількома замісами, то термін виконання усього замовлення буде дорівнювати сумі термінів приготування окремих замісів.

Враховуючи що змішувач має обмежений об'єм, максимальні значення доз матеріалів для даного рецепту можна представити у вигляді вектору

$$\overline{m}^N_r = \{m_1^{rN}, m_2^{rN}, \dots, m_n^{rN}\}, \quad (7)$$

де: $m_i^{rN} = V_N R_i^r$ - задана рецептом вага і-го матеріалу;

V_N - номінальний об'єм змішувача;

R_i^r - відносний зміст і-го компоненту у рецепті.

Вектор (7) являє собою перелік обмежень для доз матеріалів, що входять до даного рецепту. Введемо також поняття вектору максимальних значень доз матеріалів, що обмежені параметрами дозаторів, які можуть бути використані для приготування замісу за даним рецептом

$$\overline{m}^D_r = \{m_1^{rD}, m_2^{rD}, \dots, m_n^{rD}\}, \quad (8)$$

де: m_i^{rD} - максимальна вага матеріалу для і-го дозатору.

Якщо вагу і-го матеріалу на (j+1)-му кроці координації визначити за допомогою виразів (4), то у результаті випадкового характеру динамічної похибки дозування і-го матеріалу на j-му кроці координації δ_{nji} вага і-го матеріалу на (j+1)-му кроці координації $m_{i(j+1)}$ може перевищувати значення, що задані векторами обмежень (7) або (8), а це недопустимо. Тому задача знаходження такого вектору ваги матеріалів поставлена, щоб, по-перше, скоректувати похибки дозування попереднього замісу, і, по друге, об'єм наступного замісу був найбільшим.

Для послідовності кроків координації справедливий принцип Белмана. Тобто, оптимальність подальшого шляху виконання замісів залежить тільки від поточного стану системи і не залежить від попереднього шляху. Отже, оптимальна послідовність координації може бути одержана шляхом оптимізації рішень на кожному кроці координації. Оптимальне рішення на кожному кроці полягає у приготуванні максимальної кількості суміші для кожного замісу, з урахуванням кількості суміші, що замовлена.

Як показали дослідження, вирази для послідовної координації, що одержані в розділі 4, не враховують усіх властивостей процесу. В основному, це стосується виконання останніх замісів. Якщо розмір двох останніх замісів близький до номінального об'єму змішувача, то випадкові відхилення доз матеріалів від розрахункових можуть призвести до перевищення об'єму останнього замісу над номінальним. У цьому випадку остачу замовлення прийдеється виконувати двома замісами, що знижує продуктивність. Враховуючи додаткові обмеження одержано вирази для оптимальної послідовної координації.

Наведені на рис. 5 графіки показують ефективність різних алгоритмів координації. Крива 1 показує зростання похибки однорівневої системи без координації. Оскільки приготування окремих замівів це є незалежні процеси, похибка об'єму замовлення зростає лінійно. При обмеженій координації у результаті взаємної корекції замовлень похибка зростає з меншою швидкістю. При необмеженій координації ця похибка дорівнює похибці приготування одного заміву.

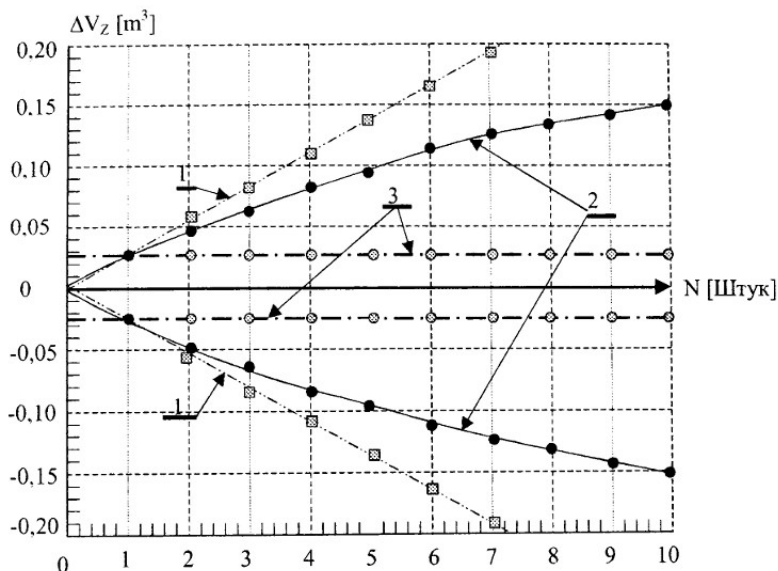


Рис. 5. Графіки залежності похибки об'єму виконаного замовлення від кількості замівів.

$$V_x = \begin{cases} V_N, \text{ if } [(V_z - V_d) > 2V_N]; \\ (V_z - V_d) - V_N / 2, \text{ if } \{ [V_N < (V_z - V_d) < 2V_N] \\ \& [((V_z - V_d) - V_N / 2) \leq V_N] \}; \\ V_N, \text{ if } \{ [V_N < (V_z - V_d) < 2V_N] \\ \& [((V_z - V_d) - V_N / 2) > V_N] \}; \\ (V_z - V_d), \text{ if } (V_z - V_d) \leq V_N. \end{cases} \quad (9)$$

де: V_z - об'єм замовлення;
 V_N - номінальний об'єм змішувача;

V_d - сумарний об'єм виконаного замовлення з об'ємом замовлення, яке на цей час виконується.

ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

Основним результатом дисертаційної роботи є дослідження та розробка основних компонентів математичного забезпечення ієрархічної системи автоматизованого приготування бетонної суміші у будівництві. Основні наукові та практичні результати роботи полягають у наступному:

1. Запропонована трирівнева ієрархічна модель управління технологічним процесом приготування бетонної суміші в реальному часі.
2. Показана доцільність виділення задачі управління складом технологічної суміші в окрему підсистему. Розроблено інтерфейс зв'язку зазначеної підсистеми з підсистемою управління технологічним устаткуванням бетонозмішувального вузла.
3. Розроблені математичні моделі координації процесів багатокомпонентного дозування матеріалів для готування бетонної суміші і розчинів, показані переваги і недоліки алгоритмів паралельної і послідовної координації процесів дозування матеріалів.
4. Розроблена математична модель послідовної координації процесів приготування замісів і виконання замовлень на приготування бетонної суміші і розчинів, обґрунтована доцільність використання принципу прогнозування взаємодій для синтезу алгоритму координації, отримані вирази для оцінки ефективності запропонованих алгоритмів координації.
5. Вирішені питання внутрішньорівневого і межрівневого узгодження цільових функцій дворівневої системи готування бетону і розчинів, а також показані шляхи удосконалення локальних підсистем управління дозаторами з урахуванням особливостей процесів координації.
6. На основі принципу Белмана отримано оптимальний за швидкості алгоритм послідовної координації процесу виконання замовлення для практично важливого випадку завантаження товарного бетону в бетоновози.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Аласас Ахмад, Цилюрик Л.И. Измерение угловых перемещений с использованием бесконтактных сельсинов // АВП Автоматизація виробничих процесів. Всеукраїнський науково - технічний журнал. – 2000. – Випуск 1(10). – С.109-112.
2. Аласас Ахмад, Цилюрик Л.И. Прогнозующий алгоритм керування дозатором дискретної дії // АВП Автоматизація виробничих процесів. Всеукраїнський науково - технічний журнал. – 2000. – Випуск 2 (11). – С.29-32.
3. Аласас Ахмад, Цилюрик Л.И. Алгоритм послідовної координації в автоматизованих системах приготування бетоної суміші.// Науково - практичні

- проблеми моделювання та прогнозування надзвичайних ситуацій. Збірник наукових статей. – 2000. – С.79-82.
4. Аласас Ахмад, Цилюрик Л.І. Ієрархія керування в системах дозування матеріалів та приготування технологічних сумішей.// Всеукраїнський науково – технічний журнал. – 2001. – Випуск 1 (12). – С.55-58
 5. Аласас Ахмад, Цилюрик Л.І. Послідовна та паралельна координація в АСУ ТП приготування бетонної суміші.// Науково - практичні проблеми моделювання и прогнозування надзвичайних ситуацій. Сбірник наукових статей. – 2002. – С.59-63
 6. Аласас Ахмад, Цилюрик Л.І. Математична модель управління співвідношенням компонентів в АСУ ТП приготування бетонної суміші // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – 2000. – Випуск 56. – С.89-92

Аласас Ахмад. Багаторівневе управління в автоматизованих системах приготування бетонної суміші. – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.07 Автоматизація технологічних процесів. – Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, 2002.

Дисертацію присвячено питанням розробки та дослідження ієрархічної структури автоматизованих систем управління приготуванням бетонної суміші у будівництві. Запропонована трирівнева ієрархічна система автоматизованого управління технологічним процесом приготування бетонної суміші. Верхній рівень являє собою інтерактивну підсистему управління складом бетонної суміші у реальному часі. Обчислювальна машина складає і вирішує системи рівнянь, зв'язаних з визначенням розміру доз матеріалів для приготування суміші з врахуванням їх вологості та взаємної забрудненості. Оператор приймає рішення у ситуаціях, що важко піддаються формалізації. На основі принципу прогнозування взаємодій запропоновані алгоритми паралельної координації процесів дозування за узагальненим критерієм, а також алгоритми послідовної координації процесів виконання замісів для другого рівня координації. На основі принципу Белмана запропонований оптимальний за швидкодією алгоритм управління завантаженням бетоновозів.

Ключові слова: технологічний комплекс, бетонна суміш, ієрархічна система, координація, дозування, моделювання, оптимальне управління.

Alasas Ahmad. Multilevel control in automatic computer system for concrete production. – Manuscript.

Dissertation for candidate degree of technical science by specialty 05.13.07 - Technological processes automation. - Kiev National University of Building and Architecture, Kiev, 2002.

The dissertation is devoted to questions of development and research of multilevel control in automatic computer system for concrete production. The three level hierarchical system is offered. The third level consider as an interactive real time system for mixture control. The mane task of mashing part is to solve the system of line equations for the portions of material wait. The mane task of a man is to solve tasks in undefined condition.

On basis of principle of hierarchical systems theory a new coordination algorithm is proposed. This algorithm allow to realize optimum control for the practically impotent case of loading specialized transport with concrete mixture.

Keywords: technological complex, concrete mixture, hierarchical system, coordination, weighting, modeling, optimum control.

Аласас Ахмад. Многоуровневое управление в автоматизированных системах приготовления бетонной смеси – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07. Автоматизация технологических процессов. – Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев, 2002. Диссертация посвящена вопросам разработки и исследованию иерархической структуры автоматизированных систем управления приготовлением технологической смеси в строительстве.

Система управления процессом рассматривается как трёхуровневая иерархическая. На первом уровне (локальных подсистем) выполняется управление отдельными агрегатами технологического процесса: дозаторами, смесителями, распределительными узлами и т.д. На втором уровне решается задача координации работы локальных подсистем, таким образом, чтобы они функционировали согласованно. Третий уровень представляет собой интерактивную систему управления составом бетонной смеси в реальном времени.

В основу построения третьего уровня положена компонентная модель рецептов бетонной смеси, которые поступают из технологической лаборатории. Задаётся также компонентный состав материалов в расходных бункерах. Основной задачей вычислительной машины является определение вектора веса доз материалов путём составления и решения предложенной системы линейных уравнений переменной размерности с учётом компонентного состава материалов и заданного рецептом компонентного состава смеси. Оператор принимает решение в ситуациях, которые сложно формализовать. Для взаимодействия оператора и вычислительной машины предлагается использовать интерфейс, основанный на оконной технологии и специальной системы директив, сообщений и указаний.

Второй уровень осуществляет координацию работы технологического оборудования. На основе принципа прогнозирования взаимодействий предложены алгоритмы параллельной координации процессов дозирования материалов. С целью повышения универсальности системы координации управление предлагается производить по обобщённому критерию. Рассмотрены алгоритмы ограниченной координации, которые применимы при производстве технологического бетона, и алгоритмы неограниченной координации, которые применимы при производстве товарного бетона.

Для управления последовательностью приготовления замесов предлагаются алгоритмы последовательной координации. На основе принципа Белмана разработан оптимальный по быстродействию алгоритм управления загрузкой бетоновозов.

Ключевые слова: технологический процесс, бетонная смесь, иерархическая система, координация, дозирование, оптимальное управление.