

На правах рукопису

КОГУТЯК МИРОСЛАВ ІВАНОВИЧ

УДК 62-52:665.55

АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ  
ПРИГОТУВАННЯ СКЛАДНИХ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ СУМІШЕЙ

05.13.07-Автоматизація технологічних процесів і  
виробництв(промисловість)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т  
дисертації на здобуття вченого ступеня  
кандидата технічних наук

Київ-1993



1020.21

Робота виконана в Івано-Франківському інституті нафти і газу на кафедрі автоматизації виробничих процесів

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, доцент М. М. Дранчук

Офіційні опоненти: доктор технічних наук,  
професор Грищенко А. З.

кандидат технічних наук,  
доцент Мовчан А. П.

Відповідна організація: Львівський проектний інститут-  
ЛьвівДІПронафтохім

Вихідист відбудеться "15" *листопада*, 1993р. в *15<sup>00</sup>* годин  
на засіданні спеціалізованої Ради Д 068.14.07 при Київському  
політехнічному інституті за адресою: 252056, м. Київ,  
пр. Перемоги, 37

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Київського  
політехнічного інституту

Автореферат розісланий "7" *листопада*, 1993р.

Вчений секретар  
Спеціалізованої Ради

В. Д. Романенко

ЛННБ України ім. В. Стефаника



00810701 (H)

ЛННБ ім. В. Стефаника  
АН України

АНОТАЦІЯ

Метов роботи є розробка автоматичної системи оптимального управління процесом приготування складних багатокомпонентних сумішей.

Для досягнення вказаної мети в дисертаційній роботі розв'язані такі основні задачі:

- розроблено математичну модель процесу приготування складних багатокомпонентних сумішей (на прикладі МОР);

- вибрано метод і розроблено алгоритми і програми ідентифікації математичної моделі;

- сформульовано критерій оптимального керування, визначені основні обмеження, вибрано метод і розроблено алгоритмічне і програмне забезпечення для задачі оптимального керування;

- розроблено дворівневу автоматичну систему оптимального керування і синтезовано алгоритми її функціонування для типового технологічного процесу одержання МОР;

- перевірено достовірність і ефективність результатів теоретичних досліджень в умовах Дрогобицького НВО "МАСМА" і Бориславського ВО "Фарба".

Автор захищає:

1. Математичні моделі процесу приготування МОР і алгоритми їх ідентифікації.

2. Методику розрахунку оптимальної рецептури МОР на основі вартості одиниці маси готової продукції.

3. Алгоритми розв'язку задачі оптимізації методом ічних площин.

4. Методику синтезу і алгоритми функціонування АСК процесом приготування МОР.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність досліджень. В народному господарстві, промисловості та побуті використовується велика номенклатура найрізноманітніших реагентів, барвників, мастил і т. д., які є складними багатокомпонентними сумішами. Виробництво їх організовано на універсальних багатоцільових технологічних установках невеликої потужності. Об'єм випуску цих продуктів сягає від декількох кілограмів до десятків і сотень тон. До таких малотонажних виробництв відносяться установки для приготування мастильно - охолоджуючих рідин (МОР). Мастильно - охолоджуючі рідини є обов'язковим елементом технологічних процесів, зв'язаних з механічною обробкою металів і композиційних матеріалів. Асортимент МОР складає декілька десятків

типів. Нинішній рівень автоматизації спеціалізованих технологічних установок дуже низький і не забезпечує швидких переходів на нові види продукції, що необхідно в умовах прискореного розвитку науково-технічного прогресу. Корінне технічне переозброєння тут можливе шляхом впровадження гнучких автоматичних систем керування, які надалі можуть стати елементами гнучких автоматизованих виробничих систем (ГАВС). В них структурно закладені можливості оперативного переналаджування на випуск великої кількості продуктів з типовими технологічними циклами.

Актуальність проблеми обумовлена необхідністю створення гнучких автоматичних систем керування на базі сучасних методів моделювання і оптимального керування, що дозволить розширити асортимент і підвищити якість мастильно-охолоджуючих рідин при їх широкій номенклатурі і малотонажному виробництві.

Методика проведення досліджень. Дослідження статистики об'єкта керування виконані експериментальними методами. Для встановлення взаємозв'язків між вхідними і вихідними координатами об'єкта, яким є виробництво МОР, складений і реалізований дробово-факторний експеримент. Оцінки параметрів нелінійної математичної моделі статистики знайдені методом ортогоналізації.

Розв'язок задачі знаходження оптимальної рецептури МОР базується на методі січних площин, який дозволяє початкову нелінійну задачу звести до послідовності задач лінійного програмування методом декомпозиції. При розробці автоматичної системи керування використаний принцип керування за збуренням, чим досягається компенсація основних збурюючих факторів, якими є неоднорідність сировинних складників суміші.

#### Наукова новизна.

1. Розроблена математична модель процесу приготування багатокomпонентних сумішей методом ортогоналізації (на прикладі виробництва МОР типу АКВОЛ-11), яка зв'язує вихідні показники якості мікроемulsії з її рецептурою в умовах нестабільної якості сировинних складників композиції.

2. Розроблена методика розрахунку оптимальної рецептури МОР на базі критерію вартості одиниці маси готової продукції, запропоновані алгоритми розв'язку задачі оптимізації методом січних площин.

3. Розроблена дворівнева автоматична система керування технологічним процесом, в основу якої покладений принцип компенсації основних збурень, що діють на об'єкт, а також синтезовані алгоритми

її функціонування.

Достовірність і ефективність наукових положень і теоретичних результатів, підтверджена великим об'ємом експериментальних досліджень, близькою збіжністю їх результатів, перевіркою запропонованих алгоритмів на реальних даних, обчислювальними експериментами на ЕОМ і результатами впровадження рекомендацій в промислових умовах.

Результати наукових досліджень склали теоретичну основу для створення автоматичної системи оптимального керування технологічним процесом приготування МОР типу АКВОЛ-11, яка створила умови для збільшення об'ємів виробництва, покращення якості мастильно-охолоджуючої рідини і швидких переходів на випуск нових видів продукції, що вкрай необхідно в умовах мажоритарних виробництв.

Практична цінність наукових досліджень і реалізація та впровадження роботи в промисловість:

- розроблено методик, алгоритми і програмне забезпечення оптимального керування технологічним процесом;
- спроектовано, виготовлено, випробувано дворівневу автоматичну систему оптимального керування процесом одержання МОР у двох варіантах - для групового і послідовного змішування компонентів композиції;
- розроблено алгоритми і програмне забезпечення для режиму обміну інформацією між підсистемою верхнього і нижнього рівнів;
- розроблено та впроваджено вибухобезпечний слідуючий датчик рівня для автоматичного об'ємного дозування компонентів.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень реалізовані в промисловості шляхом створення автоматизованих мікропроцесорних систем керування процесом приготування МОР на Дрогобицькому дослідному заводі НВО "Масма" і Бориславському ВО "Барба", за рахунок чого суттєво зріс об'єм виробництва (56%) і знизилась матеріальні та енергетичні затрати.

Загальна сума річного економічного ефекту від використання результатів дисертаційної роботи складає 119 тис. карбованців (в цінах 1989 року).

Апробація роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на науково-технічному семінарі "Сучасні методи і прилади автоматичного контролю та регулювання технологічних процесів" (Москва, 1988); Всесоюзній науковій конференції "Автоматизація та роботизація в хімічній промисловості" (Тамбов, 1988); науковому семінарі "Оптимізація хіміко-технологічних процесів" (Київ, 1988); науково-технічних конференціях викладачів та молодих вчених Івано-Франківського інституту нафти і газу в 1988-1992 роках.

Зв'язок теми дисертації з планом НДР. В дисертаційній роботі використані результати робіт по створенню мікропроцесорної АСК для малотонажних виробництв у відповідності із координаційним планом на 12 п'ятирічку Наукової Ради АН України за завданням N 21 "Створити і освоїти виробництво високоефективних МОР для обробки металів різанням і тиском", а також наукових розробок за планами науково-дослідних робіт Івано-Франківського інституту нафти і газу.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 9 друкованих робіт.

Структура та об'єм роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури і додатків. Основний зміст роботи викладений на 168 сторінках, враховуючи 22 малюнки і 15 таблиць.

### ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми, сформульована мета і основні задачі дослідження, приведена загальна характеристика роботи.

В першому розділі проведений аналіз стану робіт з проблеми розробки автоматичних систем керування для малотонажних виробництв, які базуються на приготуванні багатокомпонентних сумішей. Такі виробництва характеризуються періодичністю технологічного циклу, частими переходами на нові види продукції, малими об'ємами виробництва, тощо. Виготовлення цих продуктів проводиться у такий спосіб: в реактор - змішувач дозуються в певній послідовності складники в режимі постійного перемішування суміші і підтримуванні необхідного температурного режиму. Якість композиції оцінюється після завершення технологічного циклу значним числом кількісних і якісних показників. На якість мікроемульсії впливають ряд збурюючих чинників, основними з яких є зміни якісних характеристик сировинних складників. Технологічні установки мають багатоцільове призначення і, як правило, низький рівень автоматизації.

Найперспективнішим напрямком розвитку малотонажних виробництв з широкою номенклатурою продуктів є використання гнучких автоматизованих виробничих систем (ГАВС), які ґрунтуються на математичному описі процесу та ієрархічній структурі системи керування. Оскільки відсутні можливості введення зворотніх зв'язків, автоматична система керування процесом виробництва МОР, повинна синтезуватись за принципом Понселе, з застосуванням багатоканального компенсуючого пристрою з перехрестними зв'язками. Найефективнішим у цьому випадку є форму-

вання компенсуючих впливів за допомогою математичних моделей.

Аналіз існуючих математичних моделей для окресленої групи технологічних процесів свідчить про можливість одержання моделей як аналітичних, так і експериментальних. Проте використання неформальних моделей для цілей керування ускладнюється у зв'язку з громіздкістю, складністю знаходження окремих констант і параметрів, відсутністю повної інформації про механізми хімічних і міжфазних взаємодій в складних колоїдних системах, якими є МОР. У цьому випадку слід будувати формальні математичні моделі використовуючи результати активних або пасивних експериментів на об'єкті. Найпоширенішими для даного типу технологічних процесів є математичні моделі типу "склад-властивості", які зв'язують властивості (якісні характеристики) суміші із компонентним складом (рецептурою). Однак ці моделі не враховують неоднорідностей, викликаних змінами якісних параметрів сировини при переході від однієї партії до іншої. Ці неоднорідності є збурюючими факторами, що впливають на якість товарної композиції. Таким чином, необхідно розв'язати задачу побудови математичної моделі типу "склад-властивості" в умовах неоднорідностей, яка дозволить відшукувати рецептури МОР з врахуванням зміни якості сировини. Оскільки задача пошуку рецептури має неоднозначний розв'язок, то завжди актуальним є питання знаходження оптимального складу багатокомпонентної суміші за певним критерієм. Дослідження наукових джерел в даній проблематики свідчать, що для цілей керування найчастіше використовують техніко-економічні критерії оптимальності, які відображають економічну ефективність виробництва. Аналіз наукових робіт з проблеми створення автоматичної системи керування для малотонажних виробництв дозволив визначити основні задачі досліджень, практичної розробки і промислової реалізації її на об'єкті.

Другий розділ у своїй першій частині присвячений формулюванню задачі оптимального керування. За критерій оптимальності вибраний техніко-економічний показник  $C_p$ , який оцінює собівартість одиниці продукції і найновніше характеризує економічну доцільність виробництва.

$$C_p = E + Z_c + Z_d,$$

де  $E$  - енергозатрати,  $Z_c$  - затрати на сировину і матеріали, а  $Z_d$  - додаткові затрати у вигляді заробітної плати, транспортні витрати, тощо, віднесені до одиниці продукції. Тільки перші дві складові залежать від змінних оптимізації, тому вони піддані глибокому аналізу.

Дослідження поопераційної структури технологічного процесу виробництва МОР виявили всі складові енергетичних затрат, які були розбиті на дві групи: такі, що є постійними і визначаються схемою

організації технологічного циклу і змінні. До другої групи віднесені енергозатрати на підтримання заданого температурного режиму в реакторі, перемішування і коректування суміші, оскільки їх величина залежить від підбору рецептури і якості сировини, тобто змінних оптимізації. Правильно знайдена рецептура МОР забезпечує зниження енергозатрат на підігрів і перемішування композиції в реакторі до величини технологічної необхідності  $E^*$ , тобто до нижньої грані, при цьому енергозатрати на коректування мікроемulsії прямують до нуля. Для зниження впливу суб'єктивного фактора на визначення моменту досягнення нижньої грані енергозатрат запропоновано визначати її апаратними засобами автоматизації за результатами вимірювання інтегрального параметру оцінки якості композиції, яким є "прозорість".

Таким чином критерій собівартості одиниці маси продукції зведений до вартості питомих затрат на сировину і реагенти, тобто

$$\min_{\bar{x} \in R} C_n = E^* + \min_{\bar{x} \in R} \sum_{i=1}^n C_i U_i, \quad \text{при умові } \bar{x} \in D,$$

де  $C_i$  - вартість в карбованцях 1 кг і-го складника;

$U_i$  - вміст і-го складника в мікроемulsії;

$R, D$  - відповідно область зміни вхідних координат і якісних показників МОР.

Задача оптимального керування сформульована у такий спосіб. Необхідно відшукати таку рецептуру МОР, яка забезпечує мінімум вартості одиниці маси продукції за питомими затратами на сировину і реагенти при відповідності якості композиції технічним нормам на товарний продукт. Розв'язок даної задачі виконується у два етапи:

1) Побудова математичної моделі технологічного процесу виробництва МОР, що зв'язує властивості мастильно-охолоджувачої рідини з якістю і вмістом в суміші сировинних складових, тобто

$$\bar{x} = f(\bar{u}, \bar{v}),$$

де  $\bar{x}$  - вектор якісних показників товарної композиції;

$\bar{u}$  - вектор масових долей складових суміші;

$\bar{v}$  - вектор якісних показників сировини.

2) Розв'язок задачі оптимального керування

$$\sum_{i=1}^n C_i U_i \rightarrow \min / \bar{v} \in R, \quad \text{при умові } x \in D.$$

Вільша частина другого розділу відведена першому етапу, тобто створенню математичної моделі процесу. Фактори, що характеризують об'єкт керування розбиті на три групи: керовані, контрольовані і вихідні координати. В групу керованих (вісім координат) увійшли масові долі сировинних компонентів у суміші. До групи контрольованих змін-

них віднесені, після ретельного аналізу якісних показників складниці МОР і їх впливу на кондиційність продукту, кислотне число жирних кислот талового масла, вміст триетаноламіну в технічному триетанол-аміні, вміст води у волгонаті. Ці показники мають широкий діапазон зміни від партії до партії, а вміст води у волгонаті постійно змінюється в процесі зберігання через його гідрофільні властивості. Зміна згаданих якісних показників триетаноламіну і жирних кислот талового масла найсуттєвіше впливає на якість приготування композиції, оскільки основою мастильно-охолоджуючої рідини АК є триетанолове мило.

В групу вихідних змінних увійшли показники, якими за технічними нормами оцінюються товарні властивості мастильно-охолоджуючої рідини і такі, що піддаються кількісному аналізу. До них віднесені: кислотне число, величина рН-розчину, кінематична в'язкість, піноутворення і стійкість піни. Після лабораторних досліджень в цю групу додатково включені ще два важливі параметри - поверхневий натяг, який комплексно оцінює якість МОР, як композиції поверхнево-активних речовин і електропровідність, що характеризує корозійні властивості мікроемульсії.

На першому етапі побудови математичної моделі, у зв'язку з великою кількістю факторів, що впливають на об'єкт керування (з врахуванням контрольованих змінних, всього 11 координат) і допущень лінійності взаємодій в складних колоїдних системах, а також МОР, при визначених варіаціях вхідних координат, була прийнята гіпотеза про лінійний зв'язок між вхідними і вихідними змінними. Для визначення параметрів лінійної математичної моделі складений і реалізований план активного дробово-факторного експерименту. Дробово-факторний план з матрицею  $U^{n-1}$  знизив кількість дослідів із 2048, необхідних при повному факторному плані, до 16. Досліди проведені в лабораторії на фізичній моделі реактора, трьома незалежними серіями з наступним повним аналізом показників якості модельних МОР. Проте, параметри математичної моделі, визначені методом найменших квадратів, не забезпечили її адекватності експериментальним даним.

На другому етапі дослідження прийнята гіпотеза про нелінійність структури математичної моделі об'єкта. Параметри нелінійної моделі визначені методом ортогоналізації. Даний метод дозволив використати результати попереднього активного експерименту і простю рекурентною процедурою ефективно підібрати не тільки параметри моделі, але і її структуру.

Ліній регресії для кожного із семи показників якості мікро-

емулсії одержані у вигляді рівняння:

$$x_j = \sum_{s=1}^k a_s^{(j)} \cdot \prod_{i=1}^n u_i^{q_{is}^{(j)}}, \quad \sum_{i=1}^n q_{is}^{(j)} \leq 2,$$

де  $x_j$  -  $j$ - показник якості МОР типу АКВОЛ-11;

$a_s^{(j)}$  - параметр математичної моделі;

$u_i$  - вхідні координати моделі;

$n$  - кількість змінних;

$0 \leq q_{is}^{(j)} \leq 2$  - показник при складових поліноміальній моделі;

$k$  - кількість розрахункових коефіцієнтів моделі.

Розроблено алгоритм і програмний продукт на мові BASIC для чисельного розрахунку на ЕОМ параметрів нелінійних математичних моделей методом ортогоналізації. Результати розрахунків підтвердили високу точність і ефективність даного методу для об'єктів з великою кількістю змінних.

В третьому розділі розглянуті питання оптимізації процесу виробництва МОР. Визначені обмеження на змінні оптимізації і вихідні координати. Поставлена і розв'язана задача оптимального керування:

$$\min \left\{ \sum_{i=1}^{n_k} c_i u_i : \bar{u} \in R : \bar{x} \in D \right\}, \quad D = \{ \bar{x} : x_i^* \leq g_i(\bar{u}) \leq x_i^+, i = \overline{1, m} \},$$

$$R = \{ \bar{u} : u_i^* \leq u_i \leq u_i^+, u_{n_k+j} = u_{n_k+j}^0, \sum_{i=1}^{n_k} u_i = 100, i = \overline{1, n_k}, j = \overline{1, 3} \},$$

де  $R$  - область можливих розв'язків задачі;

$u_{n_k+j}^0$  - значення контрольованих координат;

$u_i^*, u_i^+, x_i^*, x_i^+$  - відповідно нижнє і верхнє обмеження на проміжок варіювання вхідних і вихідних змінних;

$g_i(\bar{u}) = x_i$  - рівняння регресії для  $i$ -го показника якості композиції МОР;

$n_k, m$  - кількість вхідних і вихідних параметрів.

Область зміни вхідних координат  $R$  утворена  $n_k$  півпросторами, що обмежують області варіювання керуючих впливів, трьома поверхнями, де зафіксовані контрольовані параметри  $u_{n_k+j}, j = \overline{1, 3}$ , а також поверхнею, що відповідає рівнянню матеріального балансу. Область зміни вихідних координат  $D$  вимірності  $m$  утворена півпросторами варіювань показників якості композиції, які задаються технічними нормами на товарний продукт. Нелінійні обмеження  $g_i(\bar{u})$  за змістом відповідають лінійним регресії, які знайдені методом ортогоналізації для семи параметрів якості мікроемулсії і мають таку матричну форму

$$g_i(\bar{u}) = d_{0i} + d_i^T \bar{u} + \bar{u}^T D_i \bar{u},$$

де  $D_i, d_i$  - матриці коефіцієнтів,  $d_{0i}$  - вільний член.

Сформульована задача оптимального керування відноситься до

класу задач нелінійного програмування, оскільки всі обмеження  $G_i(\bar{u})$  задачі є нелінійними. Дана задача розв'язується методами, які можна розбити на такі класи:

методи, які застосовуються безпосередньо до даної задачі. В цей клас входить більшість градієнтних методів;

методи, що ґрунтуються на розв'язках послідовності допоміжних задач, які сходяться до оптимального для основної задачі. Це, як правило, задачі лінійного програмування або оптимізаційні задачі без обмежень;

спеціальні методи, що застосовуються для задач нелінійного програмування конкретного виду. До цього класу віднесені методи квадратичного, геометричного і сепарабельного програмування.

Для розв'язку поставленої оптимізаційної задачі використаний метод січних площин (метод Келлі), що належить до другого класу, оскільки в умовах великої вимірності задачі ( $n_x=8$ ) для градієнтних методів існує проблема збіжності і початкових умов, а використання спеціальних методів ускладнюється із-за того, що нелінійні обмеження  $G_i(\bar{u})$  важко зобразити у спеціальному виді, як того вимагають методи даного класу. Вибір цього методу серед подібних у своєму класі зумовлений лінійністю критерію оптимальності відносно вектора  $\bar{u}$ . Метод січних площин (в літературі - січних площин Келлі) майже не згадується у вітчизняній науковій літературі з даної проблематики, зате широко представлений у зарубіжних публікаціях з приміткою про його використання для розв'язку оптимізаційних задач великої розмірності.

Розроблено машинний алгоритм методу січних площин для розв'язку сформульованої оптимізаційної задачі. Він складається з таких основних блоків: розв'язок задач лінійного програмування; вибір нелінійного обмеження  $G_r(\bar{u})$  для побудови січної площини; лінеаризація нелінійного обмеження шляхом його розкладу в ряд Тейлора (варіант  $r$ -вимірної функції) відносно оптимальної точки  $\bar{u}^{(k)}$  на бідучому етапі розв'язку задачі

$$\tilde{G}_r(\bar{u})|_{\bar{u}^{(k)}} = d_{0r} - \bar{u}^{(k)T} \cdot D_r \cdot \bar{u}^{(k)} + 2 \bar{u}^{(k)T} \cdot D_r \cdot \bar{u} + d_r^T \bar{u};$$

приведення лінеаризованого обмеження до стандартного виду  $\tilde{G}_r(\bar{u}) > 0$ . Алгоритм оформлений у вигляді закінченого програмного продукту на мові високого рівня BASIC для персональних ЕОМ.

Приведені результати розрахунків оптимальних рецептур, на основі яких синтезовані модельні МОР. Їх якість відповідає технічним нормам на товарний продукт.

В четвертому розділі розглянуті питання створення автоматичної

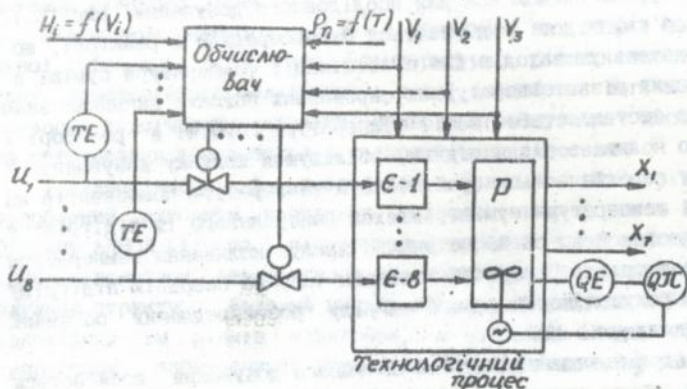
системи оптимального керування для процесу виробництва МОР. Одним із основних її завдань є точне дозування складових сумішей в реактор-змішувач, яке можна виконати об'ємним або ваговим методом. Автоматичні вагові дозатори характеризуються високою точністю, але низька продуктивність формування доз (до сотень кілограмів), неспроможність забезпечення дозування великої кількості компонентів з широким діапазоном зміни величини дози, а також великі затрати на монтаж і експлуатацію обмежує їх використання для даних виробництв. Об'ємні автоматичні дозатори мають широкі функціональні можливості щодо варіювання об'єму дози, вимагають незначних капітальних затрат при впровадженні на діючих технологічних установках, проте характеризуються незадовільною точністю із-за низьких метрологічних характеристик серійних засобів вимірювання рівня. Застосування розроблених з участю автора високоточних рівномірів дозволяє покласти в основу АСК об'ємний метод дозування.

Розроблені структурні схеми АСК приготування МОР в варіантах групового і послідовного дозування складників багатоконпонентної суміші (див. рис. 1а, б). В основу цих систем покладений принцип регулювання за збуренням (принцип Понселе), що вислікає труднощами контролю показників якості мікроемульсії в ході технологічного процесу і неможливістю побудови системи із зворотніми зв'язками. Компенсація впливу основних збурюючих чинників  $V_1, V_2$  і  $V_3$  (показники якості сировини) здійснюється на початку технологічного циклу за результатами їх вимірювання лабораторними або потічними аналізаторами. Обчислювач (ЕОМ), користуючись вихідною інформацією розраховує оптимальні керуючі впливи, які забезпечують приготування якісної мікроемульсії з мінімальними вартісними затратами, одночасно компенсуючи вплив збурюючих чинників. Розрахункові вагові дози складників композиції МОР формуються в технологічних ємностях Е-1 - Е-8 об'ємним методом з врахуванням густини компонентів і каліброчних характеристик ємностей.

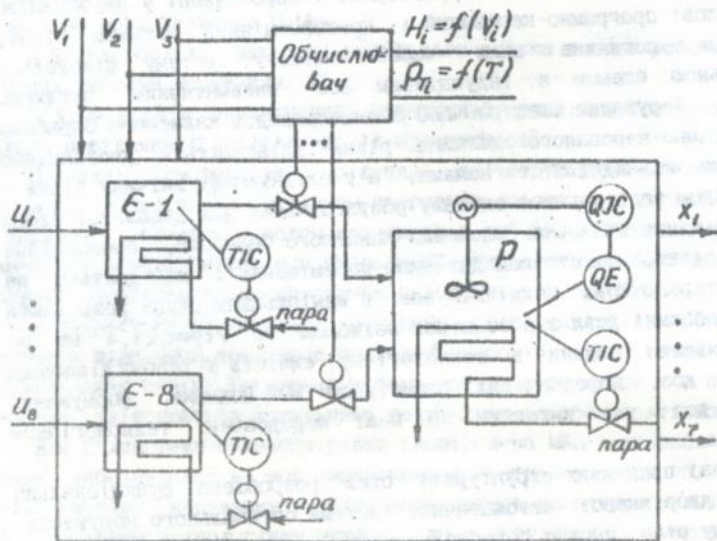
Методом ортогоналізації побудовані інтерполяційні поліноми залежностей  $Q_i = f(V_i)$  для рідких продуктів, що є складниками МОР, а також каліброчних характеристик ємностей  $H_i = f(V_i)$  діючої технологічної установки. Це зменшило похибку дозування від точності обчислення рівнів наливання компонентів в технологічні ємності при об'ємному дозуванні, оскільки розрахунок рецептури МОР ведеться у вагових одиницях.

Схемою передбачені також заходи, впровадження яких запобігас непродуктивним перевитратам енергоносіїв на приготування композиції

Структурна схема АСК виробництвом МОР



а)



б)

а) групове дозування

б) послідовне дозування, де

$\epsilon 1 \dots \epsilon 8$  - технологічні ємності,  
 P - реактор-змішувач.

рис. 1.

МОР, шляхом точнішого визначення моменту зупинки приводів змішувача і циркуляційного насоса на кінцевій стадії технологічного циклу за результатами біжучих вимірювань інтегрального показника якості суміші - "прозорість".

За структурною схемою АСК для послідовного дозування (рис. 16.), формування об'ємних доз відбувається безпосередньо в реакторі, що вимагає додаткових заходів для стабілізації температури суміші в ньому. Змішування різнотемпературних сировинних потоків викликає значні збурення в системі стабілізації температури суміші в реакторі і призводять до коливань рівня рідини, збільшуючи похибку дозування. У цьому випадку передбачається стабілізація температури компонентів на рівні заданої температури суміші, шляхом попереднього їх підігріву у проміжних ємностях Е-1 - Е-8. Це значно знижує коливання температури суміші в реакторі і скорочує затрати часу на операцію підігріву композиції за рахунок попереднього нагріву розосереджених об'ємних доз окремих складників МОР.

Найсуттєвіше зменшення похибки об'ємного дозування досягається використанням нових технічних пристроїв контролю рівня. Розроблена серія високоточних засобів вимірювання рівня, з абсолютною похибкою вимірювання рівня  $\pm 1...4$  мм. Виготовлені і впроваджені у виробництво поплавкові програмно-керовані і компенсаційні датчики рівня, переміщення поплавка яких через важільну систему фіксується вимірною схемою з індукційним або пневматичним чутливим елементом. Керування електро- або пневмоприводом канатного барабана для програмно-керованого датчика рівня здійснюється дистанційно дискретними командними сигналами, а у слідуючому датчику рівня - сервоприводом за величиною сигналу розузгодження вимірної схеми від переміщення поплавка. Положення канатного барабана, пропорційне величині рівня, фіксується датчиком переміщення і передається на щит оператора. Нові технічні засоби вимірювання рівня дозволяють формувати об'ємні дози з абсолютною похибкою не гірше  $\pm 1,4$  мм по рівню наливання рідини в технологічну ємність у всьому діапазоні варіювання доз, передбачених рецептурою МОР. Похибки формування об'ємних доз не виходять за межі передбачені технологічним регламентом.

На базі прийнятих структурних схем розроблена функціональна структура дворівневої автоматичної системи оптимального керування, на верхньому рівні якої є персональна ЕОМ, а на нижньому - мережа керуючих мікропроцесорних контролерів Р-130.

Підсистема верхнього рівня забезпечує розрахунок оптимальної

рецептури МОР за результатами контролю якості сировини, розрахунок об'ємів доз і рівнів наливання кожного складника композиції у відповідну технологічну ємність, з врахуванням температури компонентів і калібровочних характеристик, а також обмін інформацією з підсистемою нижнього рівня.

Підсистема нижнього рівня відповідає за збір і обробку первинної інформації з об'єкта (температури, рівня, якості суміші, стану периферійного обладнання, тощо) і здійснює логічне програмне керування відсічними клапанами, приводами змішувача і насосів, а також регулювання температури в технологічних ємностях.

У відповідності з розподілом функцій між рівнями АСК розроблений алгоритм керування технологічним процесом виробництва МОР типу АКВОЛ-11, що є підґрунтям створеного програмного забезпечення підсистеми верхнього рівня керування. Програмний продукт має модульну структуру. Базовий модуль виконує розрахунки об'ємних доз і відповідних їм рівнів наливання, а допоміжні модулі, оформлені як підпрограми, забезпечують приймання і передавання інформації через апаратні засоби підсистеми верхнього рівня в інтерфейсний канал "шлях" мережі регулюючих контролерів. Основний програмний модуль оформлений на програмно-орієнтованій мові високого рівня, а підпрограми - на мові низького рівня.

В кінці розділу наведені результати оцінки якості роботи автоматичної системи керування.

П'ятий розділ присвячений практичній реалізації автоматичної системи керування і дослідженню її ефективності.

Показані схематичні рішення за структурою автоматичних систем керування з використанням програмно-керованого датчика рівня з пневмо- і електроприводом канатного барабана. Системи керування працюють в режимі "порадника оператора" і виконують функції дозування в режимі послідовного завантаження складників в реактор за результатами розрахунку оптимальної рецептури мікроемulsії, програмного керування відсічною ариатурою, приводами насосів і змішувачем в режимі перемішування суміші. Регулювання температури в реакторі і в проміжних ємностях здійснюється локальними технічними засобами автоматизації.

Для підсистеми нижнього рівня (контролера МДЛ-1) розроблено програмне забезпечення на мові макрокоманд контролера, яке надає гнучкості системі керування і може адаптуватись на випуск нових типів МОР з подібним технологічним циклом, що є актуальним в умовах малотональних виробництв.

Результати досліджень показали практичну ефективність впрова-

джених автоматизованих систем керування для процесів виробництва мастильно-охолоджуючих рідин, які збільшили об'єм виробництва в середньому на 56 % і скоротили матеріальні затрати на 5 %, а енергозатрати - на 30 %. Підвищена культура виробництва, знижена аварійність і ризик впливу суб'єктивного фактора на хід технологічного процесу і якість виробленого продукту. Висока ефективність виробництва досягається скороченням технологічного циклу за рахунок зниження непродуктивних витрат часу, матеріалів і енергоспоживання на коректування суміші і доведення її до кондиційних показників, оптимальним розрахунком рецептури МОР, точним дотриманням технології виробництва і формуванням розрахункових доз.

В додатках приведені результати дослідження об'єкту керування, методика і результати активного експерименту, програми і результати ідентифікації математичних моделей для процесу виробництва МОР типу "склад-властивості" в умовах неоднорідностей, програми і результати розв'язку задачі оптимального керування методом січних площин, програмне забезпечення підсистеми верхнього рівня АСК і обміну інформації між мережею регулюючих контролерів Р-130 і персональною ЕОМ, програмне забезпечення АСК на базі МКП-1, акти промислового впровадження результатів досліджень.

#### ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ

Проведені дослідження процесу виробництва мастильно-охолоджуючих рідин, направлені на створення автоматичної системи оптимального керування цим процесом за економічним критерієм, дозволили зробити наступні висновки:

1. Розроблено і реалізовано план дробово-факторного експерименту, що ґрунтується на дворівневому варіюванні контрольованих і керуючих змінних (всього 11 змінних) і аналізі якісних показників мікроемulsії, який в порівнянні з повним факторним експериментом скоротив кількість дослідів із 2048 до 16 і дозволив побудувати багатфакторну математичну модель процесу приготування МОР.

2. Розроблено методику і алгоритми ідентифікації нелінійної математичної моделі технологічного процесу виробництва МОР, яка описує взаємозв'язки семи якісних показників мікроемulsії з вмістом та якістю сировинних складників суміші, які ґрунтуються на методі ортогоналізації та результатах активного експерименту і забезпечують похибку апроксимації експериментальних даних не гірше ніж 5%.

3. Розроблено методику і алгоритми розв'язку нелінійної задачі

оптимального керування за критерієм вартість одиниці маси композиції, що базується на методи січних площин, які забезпечують оперативний пошук оптимальних керуючих впливів перед початком технологічного циклу при зміні якості сировинних складників суміші.

4. Розроблено структуру і алгоритми функціонування дворівневої автоматичної системи оптимального керування, побудованої на принципі компенсації основних збурень, що діють на об'єкт керування і об'ємному методі дозування, які забезпечують гнучкість системи в умовах малотонажних виробництв і високу якість товарного продукту.

5. Виготовлено і випробувано мікропроцесорну автоматизовану систему керування для виробництва МОР типу АКВОЛ-11 на базі мікроконтролера МКП-1 і програмно-керованого датчика рівня, який забезпечує формування об'ємної дози за рівнем з похибкою не гірше 1,4 мм.

6. Результати дисертаційної роботи впроваджено на Дрогобицькому дослідному заводі НВО "Масма" і Бориславському ВО "Фарба" на установках виробництва МОР типу АКВОЛ. Економічний ефект від впровадження складає 119 тисяч карбованців (в цінах 1989 р.) і досягається скороченням технологічного циклу, за рахунок зведення до мінімуму непродуктивних затрат по сировині і енергоносія на довідку композиції до кондиції.

Основні положення дисертації висладені в роботах:

1. Горбійчук М. І., Дранчук М. М., Когутак М. І. Оптиміальне керування процесом приготування мастильно-охолоджуючих рідин (МОР) / Автоматизація процесів переробки нафти та газу. - Львів: Світ, 1992. - с. 132-144.

2. Дранчук М. М., Когутак М. И., Кузьмин В. Н. Микропроцессорная система управления процессом подготовки сложных многокомпонентных смесей. // Современные методы и приборы автоматического контроля и регулирования технологических процессов: Сборник докладов. - М., 1988. - с. 131-136.

3. Система автоматического управления процессом производства синтетических смазочно-охлаждающих жидкостей. / М. М. Дранчук, М. И. Когутак, В. П. Петренко, В. Н. Кузьмин // Автоматизация и роботизация в химической промышленности: Сб. докладов. - Тамбов, 1988. - с. 252-253.

4. Когутак М. І. Мікропроцесорна система оптимального керування процесом приготування мастильно-охолоджуючих рідин. Тези науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу інституту нафти і газу. - Івано-Франківськ, 1992. - с. 131.

Б. Дранчук М. М., Когутак М. И. Микропроцессорная система  
ЛНБ ім. В. Стефанива  
АН України

управления приготовлением сложных многокомпонентных смесей. // Проект МВССО УССР. Ивано-Франковский институт нефти и газа. - Киев: Час, 1990. - 5с.

6. Микропроцессорная система цифрового программного управления процессом приготовления сложных многокомпонентных жидких смесей. /М.М. Дранчук, М.И. Когутяк, В.П. Петренко // Информационный листок № 89-52, вып.1, серия 2, Ивано-Франковский ЦНТИ, 1989. - 4 с.

7. Программно-управляемый датчик уровня дозатора. /Дранчук М.М., Когутяк М.И., Бойко И.Д. // Информационный листок № 90-12, Ивано-Франковский ЦНТИ, 1990. - 4с.

8. А.С. № 1295216 (СССР): МКИ G01B13/02. Пневматическое устройство для контроля направления перемещений. / В.П. Петренко, М.И. Когутяк, С.А. Нестерук. // Открытия. Изобретения. - 1987. - №9. - с. 119.

9. Датчик предельного уровня жидкостей. / Я.Е. Гарун, М.И. Мельничок, М.М. Дранчук, В.Н. Кузьмин, М.И. Когутяк и др. // Информационный листок № 87-015, Ивано-Франковский ЦНТИ, 1987. - 4 с.

Підписано до друку 29.09.93 р., ф. 60 x 84,  
I/16, зам. I46, др.зрк. I, тираж 100.  
Івано-Франківський інститут нафти і газу.  
Дільниця оперативної поліграфії, Карпатська 15.

463699

AB 28.214