

**Український державний університет
харчових технологій**

На правах рукопису

Пархоменко Іван Іванович

УДК 681.5:664.1

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ
ДЛЯНКОЮ ОЧИЩЕННЯ ДИФУЗІЙНОГО СОКУ
НА БАЗІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ**

05.13.07 Автоматизація технологічних процесів

Автореферат дисертації
на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ 2002

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Технологічний процес очищення дифузійного соку належить до класу складних хіміко-технологічних процесів. Даний процес є одним з основних в цукровому виробництві, який суттєво визначає його якісні та кількісні показники. Процес очищення складається із стадій, які пов'язані між собою складними відношеннями і характеризується значним ступенем невизначеності, великою розмірністю векторів вхідних збурень та координат стану, значним рівнем перешкод та інше. Застосування мікропроцесорних систем з типовими законами регулювання значною мірою підвищує якість управління процесами очищення дифузійного соку. Однак навіть ці системи не в змозі конкурувати з людиною в непередбачуваних технологічних ситуаціях, які досить часто виникають на виробництві. Крім того, нестабільність параметрів промислових агрегатів і каналів зв'язку також вносить суттєву похибку в результати управління і знижує якість кінцевого продукту. Суб'єктивне розуміння технологічного процесу, багатий виробничий досвід допомагають оператору успішно орієнтуватись в складних ситуаціях, які виникають в умовах реального виробництва.

Для того, щоб врахувати знання експертів з даної предметної області, постала проблема створення “інтелектуальної” системи автоматизованого управління, яка використовує накопичений досвід операторів-технологів при управлінні ділянкою очищення дифузійного соку. Таким чином, розробка “інтелектуальної” системи автоматизованого управління, яка використовує математичну нечітку логіку, є актуальною науковою проблемою.

Мета роботи полягає у створенні системи автоматизованого управління ділянкою очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки. Для розробки даної системи були створені математичні моделі, алгоритми та формалізовані методики, які забезпечили використання експертно-лінгвістичної інформації, доступної проектувальнику на попередніх стадіях створення системи.

Для реалізації програми досліджень по розробці системи було виконано наступне: сформовані принципи моделювання ділянки очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки; визначені фактори, які впливають на якість протікання технологічного процесу очищення дифузійного соку; представлені всі впливаючі фактори як лінгвістичні змінні з відповідними терм-розбиттями; проведена ідентифікація об'єкта другої сатурації на основі статистичних вибірок з використанням авто- та взаємкореляційних функцій; розроблені математичні моделі об'єкта другої сатурації на базі нечіткої логіки; синтезована структура нечіткого локального регулятора другої сатурації та розроблена база даних та знань для даного регулятора на основі таблиць лінгвістичних правил; проведена апробація нечіткого локального регулятора другої сатурації на моделях; розроблені моделі фазифікації та дефазифікації, що дозволили переводити з цифрової форми вхідні сигнали в лінгвістичну форму та лінгвістичні вихідні, які утворюються в результаті активізації продукційних

правил “ЯКЦО-ТО”, в цифрову форму; створена база даних та знань автоматизованої системи управління ділянкою очищення дифузійного соку на основі правил-продукцій, що реалізують управління технологічним процесом в критичних ситуаціях та при реалізації локальних схем регулювання; розроблені спосіб та алгоритми управління технологічними параметрами ділянки очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки; створена структура автоматизованої системи управління ділянкою очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки; проведена дослідна апробація системи автоматизованого управління ділянкою очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки на Первухінському цукровому заводі.

Наукова новизна дисертаційних досліджень полягає в наступному: вперше проведений аналіз ділянки очищення дифузійного соку як об’єкта управління в нечіткому середовищі; вперше всі впливаючі фактори представлені як лінгвістичні змінні, що є необхідним для синтезу автоматизованої системи управління на базі нечіткої логіки; розроблена структура нечіткого локального регулятора другої сатурації на базі нечіткої логіки та лінгвістичного підходу і створена база даних та знань на основі таблиць лінгвістичних правил; розроблені алгоритми та спосіб управління технологічними параметрами процесу очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки; розроблена методика розрахунку за експертними оцінками кількісних значень якісних показників обладнання, засобів автоматизації, апаратно-схемного оформлення; розроблена структура автоматизованої системи управління ділянкою очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки та лінгвістичного підходу з використанням правил-продукцій для критичних ситуацій та з таблицями лінгвістичних правил для локальних схем регулювання.

Практичне значення дисертаційної роботи полягає в тому, що створена автоматизована система управління ділянкою очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки та лінгвістичного підходу з використанням бази даних та знань на основі правил-продукцій для критичних ситуацій та таблиць лінгвістичних правил для схем локального регулювання, яка пройшла досліду експлуатацію на Первухінському цукровому заводі; розроблені алгоритми та спосіб управління технологічними параметрами на базі нечіткої логіки та лінгвістичного підходу з урахуванням формалізованих методик, які максимально акумулювали досвід операторів-технологів, експертів з даної предметної області; запропоновано методику розрахунку кількісних значень якісних показників обладнання та засобів автоматизації.

Апробація роботи. Основні результати досліджень доповідались і обговорювались на наукових конференціях в 1997-2001рр.: на науково-практичній конференції 27-28 листопада 1997 року «Підприємства і цехи малої потужності для переробки сільськогосподарської сировини: ефективність і особливості організації» (Полтавський кооперативний інститут); на 64-й студентській науковій конференції 14-16 квітня 1998 р. (Київ, УДУХТ); на 67-й науковій конференції студентів, аспірантів і молодих вчених 24-25 квітня 2001р. (Київ, УДУХТ); на шостій

міжнародній науково-технічній конференції “Проблеми та перспективи створення і впровадження нових ресурсо- та енергоощадних технологій, обладнання в галузях харчової і переробної промисловості ” (Київ, УДУХТ, 2000); на міжнародній науково-технічній конференції “Розроблення та впровадження прогресивних ресурсоощадних технологій та обладнання в харчову та переробну промисловість” (Київ, УДУХТ, 1997); на міжнародній науково-технічній конференції “Техника и технология пищевых производств” (Могилев, 25-27 марта 1998 года); на міжнародній науково-технічній конференції 23-25 жовтня 2001 р. - “Пріоритетні напрямки впровадження в харчову промисловість сучасних технологій, обладнання та нових видів продуктів оздоровчого та спеціального призначення”(Київ, УДУХТ).

Публікації. По темі дисертації опубліковано 10 друкованих праць, в яких викладено основний зміст досліджень.

Структура і об’єм роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, списку літератури з 124 найменувань, 5 додатків. Текст викладено на 142 стор., включаючи 27 рисунків, 21 таблицю.

Основні положення, що виносяться на захист: результати досліджень властивостей ділянки очищення дифузійного соку як об’єкта управління в нечіткому середовищі; методика розрахунку за експертними оцінками кількісної величини якісних показників обладнання, засобів автоматизації та апаратно-схемного оформлення; структура нечіткого локального регулятора другої сатурації з використанням бази знань на основі таблиць лінгвістичних правил; алгоритми та спосіб по управлінню параметрами технологічного процесу очищення дифузійного соку; структура автоматизованої системи управління ділянкою очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки та лінгвістичного підходу; принципи синтезу бази даних та знань для автоматизованої системи управління на базі нечіткої логіки з використанням правил-продукцій для критичних ситуацій та таблиць лінгвістичних правил для схем локального регулювання.

Особистий внесок. Особисто автором розроблені наступні положення, які викладені в пункті «Основні положення, що виносяться на захист». В публікації [1] особистий внесок автора полягає в розробці структури автоматизованої системи управління ділянкою очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки, а також у синтезі бази даних та знань з використанням правил-продукцій для критичних ситуацій та таблиць лінгвістичних правил для контурів локального регулювання. В публікаціях у співавторстві особистий внесок полягає в наступному: отриманні результатів дослідження властивостей ділянки очищення дифузійного соку як об’єкта управління в нечіткому середовищі та аналізі задач прийняття рішень (ПР) в умовах невизначеності середовища управління [2]; розробці структурної схеми нечіткого локального регулятора другої сатурації та створенню бази даних та знань на основі таблиць лінгвістичних правил [3]; застосуванні лінгвістичного підходу до управління технологічними процесами цукрового виробництва на

прикладі ділянки очищення дифузійного соку, як компоненти комп'ютерно-інтегрованої системи всього цукрового заводу [4], застосуванні продукційних правил для реалізації управління технологічними комплексами в харчовій промисловості [5], застосуванні процедур фазифікації та дефазифікації для реалізації управління параметрами технологічного процесу очищення дифузійного соку [6], застосуванні правил-продукцій при управлінні технологічним об'єктом в критичних ситуаціях [7], аналізі стану управління неперервними технологічними об'єктами з точки зору лінгвістичного підходу з застосуванням апарату нечіткої логіки [8], застосуванні методів ідентифікації для розроблення математичної моделі другого сатуратора [9], розробленні підходу до створення баз знань нечіткого локального регулятора другої сатурації [10].

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Вступ. Показана актуальність роботи з точки зору важливості впровадження нових алгоритмів управління, які реалізують накопичений досвід операторів-технологів при управлінні технологічними процесами цукрового виробництва, та зв'язок роботи з науковими програмами Українського державного університету харчових технологій. Сформульовані мета і задача досліджень. Визначені наукова новизна та практичне значення одержаних результатів. Вказано на апробацію результатів дисертації та кількість публікацій.

Перший розділ містить аналіз особливостей процесу очищення дифузійного соку цукрового виробництва як об'єкта управління в умовах невизначеності і постановку задачі досліджень.

Продемонстровано, що процес очищення являє собою складну хіміко-технологічну систему з суттєвою невизначеністю параметрів та середовища управління. Показано, що для одержання значного ефекту очищення необхідно підтримувати технологічні параметри процесу в регламентних режимах.

Визначені ряд факторів, які мають суттєвий вплив на якісні та кількісні показники очищення дифузійного соку та цукрового виробництва в цілому. Проведено аналіз задачі прийняття рішень (ПР) в умовах невизначеності середовища управління, який показав, що для технологічного об'єкта ділянки дефекосатурації існує два види полісемії: омонімія і нечіткість.

Розглянуті основні класи систем управління технологічними комплексами, які існують в даний момент на світовому ринку та системи, які застосовуються в цукровій промисловості України. В останньому випадку аналіз показав, що найбільше застосування одержали одноконтурні стабілізуючі системи автоматичного регулювання параметрів технологічних процесів, що складають до 65-75% від загальної кількості систем. Більшість систем автоматизації по якості керування не задовольняють вимогам, що до них ставляться сьогодні.

Для визначення рівня автоматизації ділянки очищення дифузійного соку був проведений його розрахунок по методиці, в якій показником рівня автоматизації є величина, що характеризує долю праці по управлінню процесом, яка проводиться автоматично. Розрахунки показали, що існуючий рівень автоматизації ділянки очищення дифузійного соку Первухінського цукрового заводу складає лише 54% від оптимального.

Для інтенсифікації цукрового виробництва запропоновано використання методології штучного інтелекту на основі передових технологій управління виробничими процесами, зокрема - використання лінгвістичного підходу на базі нечіткої логіки. Показано, що задачу ефективного управління ділянкою очищення дифузійного соку в умовах невизначеності середовища традиційними методами управління не вдалося вирішити.

Встановлено, що основний резерв підвищення якості управління технологічними процесами визначається не типом або структурою АСУ ТП, а математичним і алгоритмічним забезпеченням, яке повинно відповідати рівню розв'язуваних технологічних задач.

На основі проведеного аналізу стану автоматизації ділянки очищення дифузійного соку та з урахуванням теорії і практики створення інтелектуальних систем, в тому числі систем на базі нечіткої логіки, була сформована задача досліджень, яка полягає у створенні автоматизованої системи управління ділянкою очищення дифузійного соку, що забезпечує підтримання технологічних параметрів в регламентних режимах за рахунок акумулювання досвіду операторів-технологів (експертів з даної предметної області) в базі знань, яка реалізує управляючі діяння при активізації відповідних продукційних правил вигляду "ЯКЩО-ТО".

Визначені науково-технічні основи роботи та основні напрямки досліджень.

В другому розділі здійснюється побудова ієрархічної структури моделі технологічного процесу очищення дифузійного соку на основі формалізації впливаючих факторів у вигляді нечітких множин. Фактори, що впливають на якісні показники процесу, є на сировинному, апаратно-схемному та технологічному рівнях.

Наводиться класифікація факторів, що впливають на підтримання технологічних параметрів ділянки очищення дифузійного соку в регламентних режимах. Відповідно до цієї класифікації, рівень показника M залежить від властивостей вхідної сировини, характеристик обладнання та від особливостей технологічного процесу. Тому має місце співвідношення

$$M = f_x(x, y, z), \quad (1)$$

де x – лінгвістична змінна (ЛЗ) “якість вхідної сировини”, y – ЛЗ “якість апаратно-схемного оформлення ділянки”, z – ЛЗ “якість технологічного процесу очищення дифузійного соку”.

Ієрархічна сукупність співвідношень (1 – 11) відповідає дереву виведення, яке наведено на рис. 1. У вузлах дерева позначені номери формул, що відповідають різним рівням опису.

$$\mathbf{x} = \mathbf{f}(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) \quad (2)$$

$$\mathbf{x}_1 = \mathbf{f}_x(\mathbf{x}_1^1, \mathbf{x}_1^2) \quad (3)$$

$$\mathbf{y} = \mathbf{f}_y(\mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2, \mathbf{y}_3, \mathbf{y}_4) \quad (4)$$

$$\mathbf{y}_4 = \mathbf{f}_y(\mathbf{y}_4^1, \mathbf{y}_4^2, \mathbf{y}_4^3, \mathbf{y}_4^4, \mathbf{y}_4^5, \mathbf{y}_4^6) \quad (5)$$

$$\mathbf{z} = \mathbf{f}_z(\mathbf{z}_1, \mathbf{z}_2, \mathbf{z}_3, \mathbf{z}_4, \mathbf{z}_5, \mathbf{z}_6, \mathbf{z}_7, \mathbf{z}_8) \quad (6)$$

$$\mathbf{z}_1 = \mathbf{f}_{z_1}(\mathbf{z}_1^1, \mathbf{z}_1^2, \mathbf{z}_1^3, \mathbf{z}_1^4) \quad (7)$$

$$\mathbf{z}_2 = \mathbf{f}_{z_2}(\mathbf{z}_2^1, \mathbf{z}_2^2, \mathbf{z}_2^3, \mathbf{z}_2^4, \mathbf{z}_2^5, \mathbf{z}_2^6) \quad (8)$$

$$\mathbf{z}_3 = \mathbf{f}_{z_3}(\mathbf{z}_3^1, \mathbf{z}_3^2, \mathbf{z}_3^3, \mathbf{z}_3^4, \mathbf{z}_3^5, \mathbf{z}_3^6, \mathbf{z}_3^7, \mathbf{z}_3^8, \mathbf{z}_3^9, \mathbf{z}_3^{10}) \quad (9)$$

$$\mathbf{z}_4 = \mathbf{f}_{z_4}(\mathbf{z}_4^1, \mathbf{z}_4^2) \quad (10)$$

$$\mathbf{z}_5 = \mathbf{f}_{z_5}(\mathbf{z}_5^1, \mathbf{z}_5^2) \quad (11)$$

Застосування теорії нечітких множин для вирішення практичних задач передбачає в якості першого кроку формалізацію нечітких понять і відношень, які використовуються при описі елементів задачі управління. Метод для побудови функцій належності нечітких множин за результатами опитування ОПР (особи, яка приймає рішення) використовує матрицю парних порівнянь елементів універсальної множини і для його реалізації в дисертаційній роботі виконуються наступні дії:

- 1) задаються лінгвістичні змінні;
- 2) визначаються універсальні множини, на яких задані змінні;
- 3) задається сукупність нечітких термів $\{\mathbf{L}_1, \mathbf{L}_2, \dots, \mathbf{L}_m\}$, які використовуються для оцінки змінної \mathbf{x} ;
- 4) для кожного терму \mathbf{L}_j ($j = \overline{1, m}$) формується матриця;
- 5) розраховуються елементи функції належності для кожного терма.

При побудові матриць парних порівнянь використовуються експертні оцінки спеціалістів (операторів-технологів) ділянки очищення дифузійного соку на таких цукрових заводах: Рокитнянський, Первухінський, Парафіївський, Цибулівський.

Для використання нечітких логічних рівнянь визначаються функції належності $\mu^T(\mathbf{x})$ всіх нечітких термів.

Побудовані функції належності не можуть бути використані, якщо вхідна змінна змінюється безперервно, тобто може приймати не тільки значення \mathbf{u}_i , ($i = \overline{1, 5}$), але й проміжні між ними.

Для того, щоб усунути це обмеження, використовується лінійна інтерполяція. Це означає, коли відомо, що

$$\mu^T(\mathbf{u}_i) = \mu_i \text{ та } \mu^T(\mathbf{u}_{i+1}) = \mu_{i+1},$$

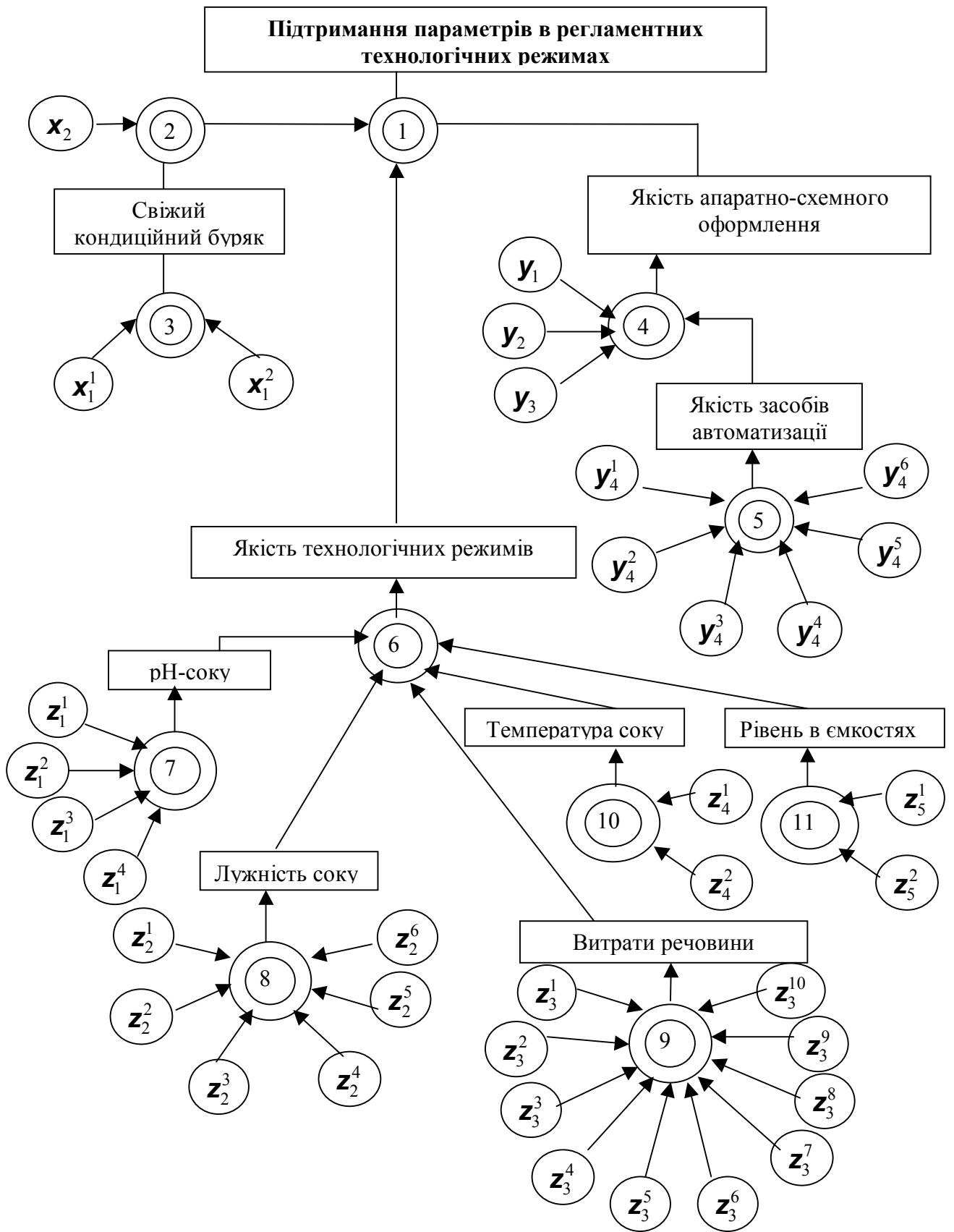


Рис.1 Ієрархічна сукупність факторів, які впливають на підтримання технологічних параметрів в регламентних режимах

то значення $\mu^T(\mathbf{u}^*)$, де $\mathbf{u}^* \in (\mathbf{u}_i, \mathbf{u}_{i+1})$, знаходимо за формулою:

$$\mu^T(\mathbf{u}^*) = \frac{\mathbf{u}^* - \mathbf{u}_i}{\mathbf{u}_{i+1} - \mathbf{u}_i} (\mu_{i+1} - \mu_i) + \mu_i \quad (12)$$

Таким способом проводиться фазифікація вхідних змінних, тобто переведення вхідних сигналів з цифрової форми в лінгвістичну.

На рис.2 представлено фактор рН на 2-му сатураторі як лінгвістичну змінну:

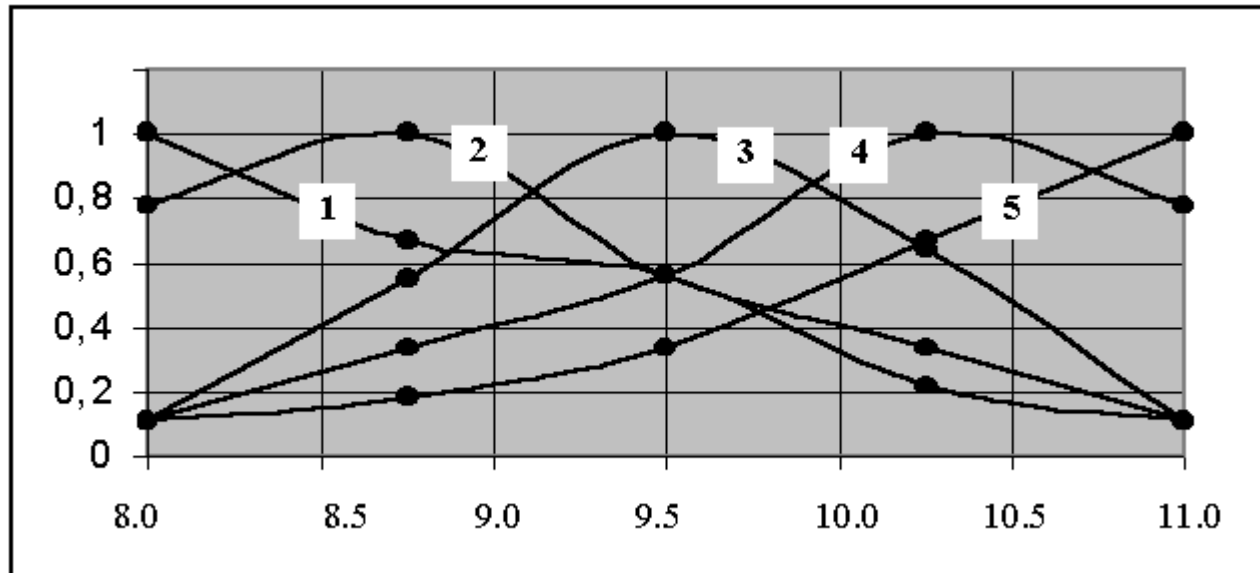


Рис.2 Лінгвістична змінна рН 2-ї сатурації

- 1- функція належності для терма «значно менше»;
- 2- функція належності для терма «менше»;
- 3- функція належності для терма «норма»;
- 4- функція належності для терма «більше»;
- 5- функція належності для терма «значно більше».

У третьому розділі синтезована база знань (БЗ) на основі правил-продукцій, які мають різний пріоритет. Правила, що описують критичні ситуації, стоять вище за пріоритетом таблиць лінгвістичних правил, що реалізують локальні схеми регулювання.

Розроблений нечіткий локальний регулятор другої сатурації. На рис.3 наводиться структурна схема нечіткого локального регулятора другої сатурації з об'єктом управління. З даної структурної схеми видно, що сигнал із значенням параметра рН надходить на блок завдання нечіткого локального регулятора, де і формується розузгодження по вихідному сигналу. Далі сигнал розузгодження та швидкості зміни розузгодження надходить на ТЛП, яка генерує управляючі діяння на виконавчий механізм регулюючого органу подачі сатураційного газу на другий сатуратор. У випадку, коли заслонка подачі сатураційного газу відкрита по можливому максимуму, а значення рН тривалий час вище регламентного, то змінюється коефіцієнт співвідношення витрати вапняного молока до витрати фільтрованого соку таким чином, щоб

витрата вапняного молока стала меншою. І це дозволяє вийти на регламентне значення рН на виході з другого сатуратора.

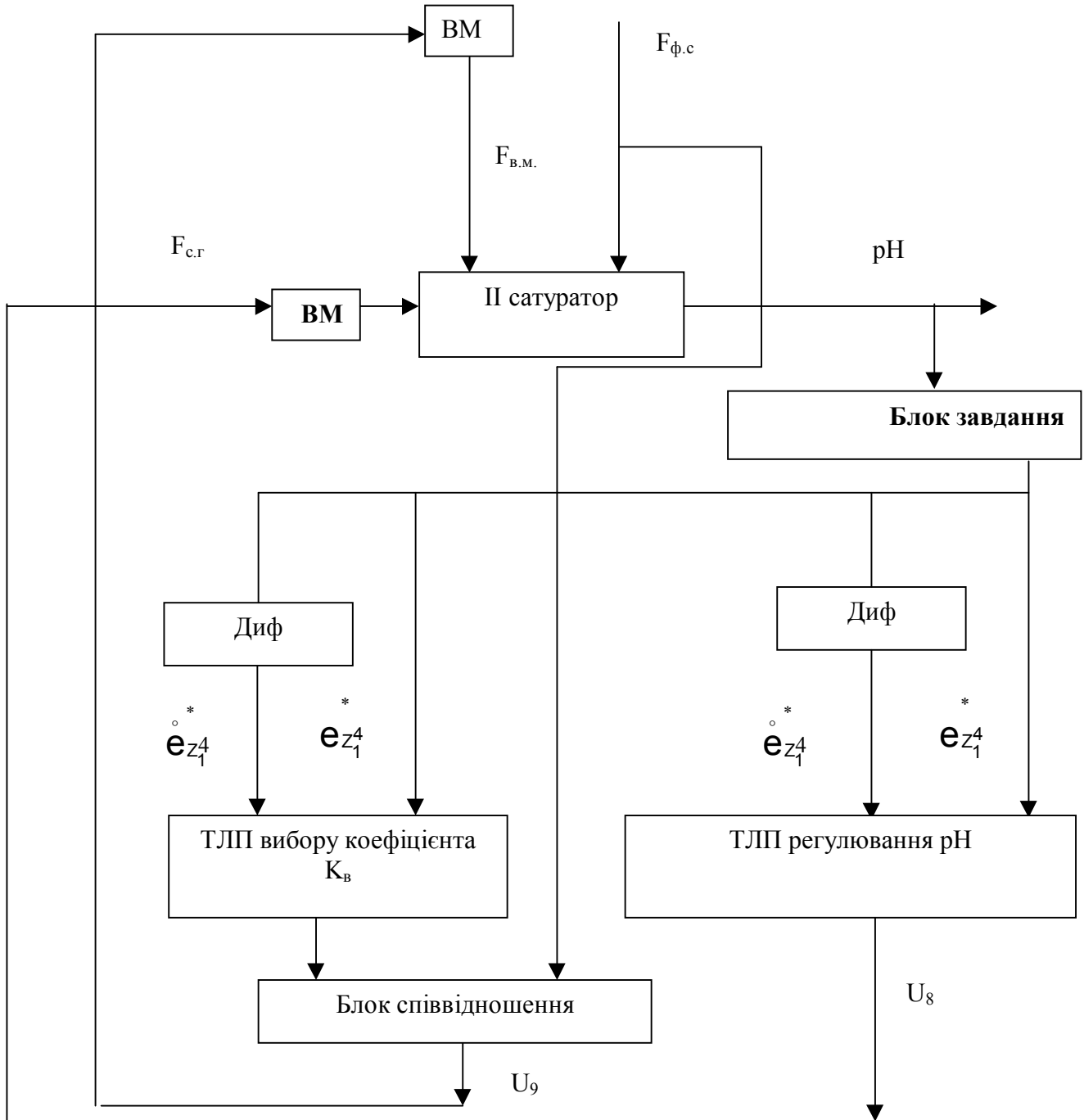


Рис.3 Структурна схема нечіткого локального регулятора другої сатурації

$F_{ф.с}$ – витрата фільтрованого соку; $F_{в.м.}$ – витрата вапняного молока; $F_{с.г}$ – витрата сатураційного газу; $e_{z_1}^*$ - змінна розузгодження значення рН на виході другої сатурації; $\dot{e}_{z_1}^*$ - змінна швидкості зміни параметра рН; K_b - коефіцієнт співвідношення витрати вапняного молока до витрати фільтрованого соку; **Диф**- диференціатор; **ВМ**- виконавчий механізм; U_8 – управляючі діяння на

ВМ витрати сатураційного газу; U_9 - управляючі діяння на ВМ витрати вапняного молока; ТЛП – таблиця лінгвістичних правил.

У процесі ідентифікації математичної моделі другого сатуратора вирішувалася наступна послідовність задач:

- 1) вибір інтервалів ідентифікації;
- 2) побудова автокореляційних функцій вхідних сигналів (витрати сатураційного газу, витрати фільтрованого соку та витрати вапняного молока), взаємокореляційних функцій вхідних сигналів та вихідних сигналів (рН) відбувається з використанням проблемно-орієнтованого пакету прикладних програм SYSTEM IDENTIFICATION TOOLBOX інтегрованого пакету MATLAB;
- 3) отримання передаточних функцій на основі автокореляційних та взаємокореляційних функцій.

На основі статистичних вибірок з використанням авто- та взаємокореляційних функцій побудовані математичні моделі об'єкта другої сатурації, на п'яти з яких проведено дослідження роботи нечіткого локального регулятора в порівнянні з роботою ПІ-регулятора. Моделі і структура нечіткого локального регулятора реалізовані за допомогою пакету прикладних програм Simulink інтегрованого пакету Matlab 5.2. Коефіцієнти диференційних рівнянь однієї із моделей наведені в таблиці:

Таблиця

№	Контур	Коефіцієнти диференційних рівнянь, які знайдені методом типової ідентифікації						
		a_0	a_1	a_2	a_3	b_0	b_1	b_2
1	Витрата сатураційного газу – рН	0	1	1.756	2.385	0	-0.0035	-0.0057
2	Витрата вапняного молока – рН	0	0	1	3.15	0	0	0.98
3	Витрата фільтрованого соку – рН	0	0	1	0.579	0	0	0.021

Відповідна математична модель має такий вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} y''(t)+1.756y'(t)+2.385y(t) = -0.0035x'(t)-0.0057x(t) \\ y'(t)+3.15y(t) = 0.98x(t) \\ y'(t)+0.579y(t) = 0.021x(t) \end{array} \right.$$

У четвертому розділі запропонована структурна схема системи управління на базі нечіткої логіки ділянкою дефекосатурації, яка наведена на рис.4

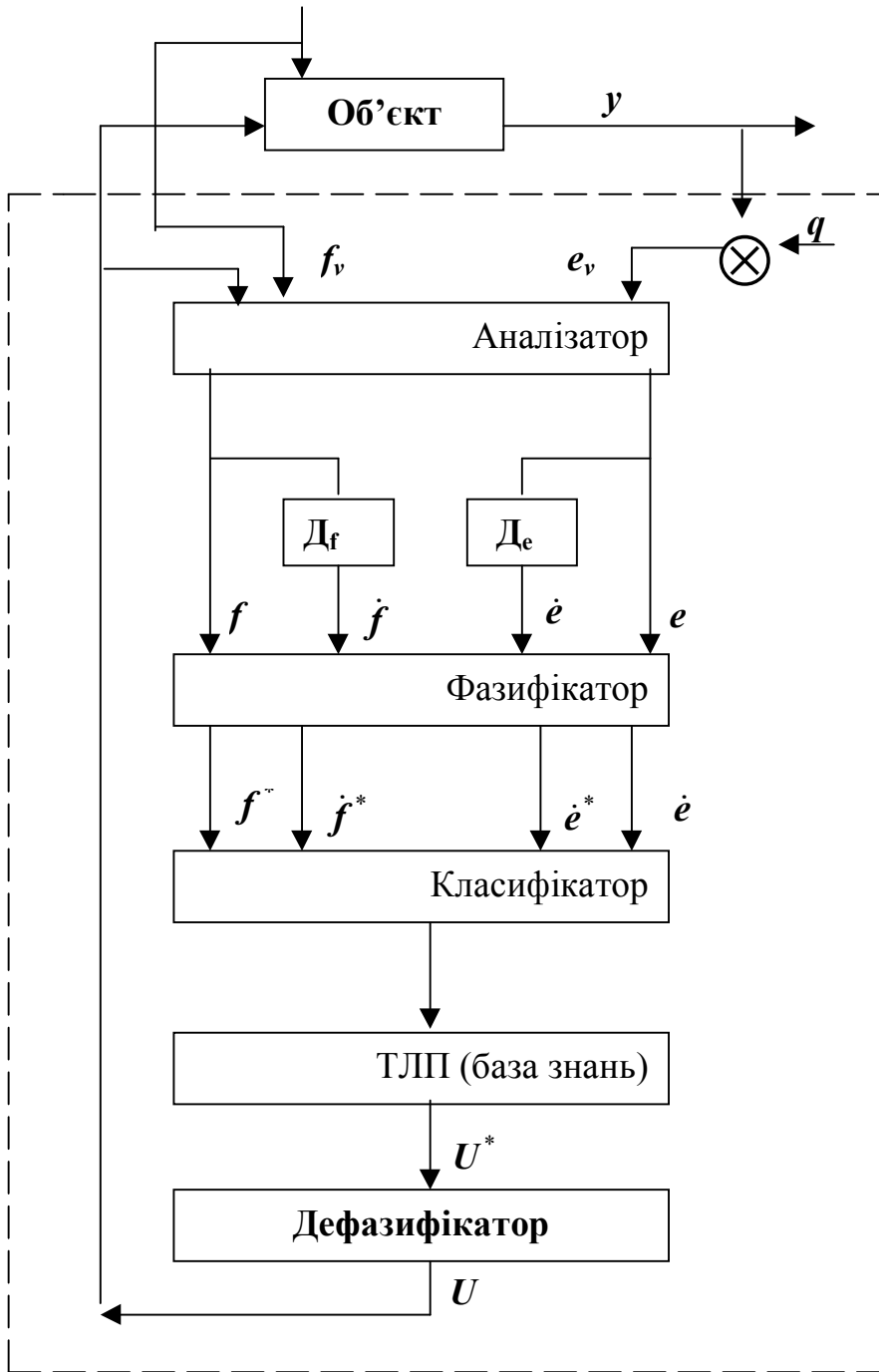


Рис.4 Структурна схема системи управління ділянкою очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки

Де f_v, e_v – вихідні значення змінних збурення та розузгодження (сигнали до аналізатора); f, \dot{f} – змінні збурень та їх похідні; f^*, \dot{f}^* – лінгвістична форма змінних збурення та їх похідних; y – регульовані параметри; q – завдання, що формується у відповідності до технологічного режиму;

e , \dot{e} - розузгодження та похідні розузгодження; U - управляючі діяння; e^* , \dot{e}^* - лінгвістична форма розузгоджень та їх похідних; D_f , D_e – диференціатори відповідно по збуренню та розузгодженню; ТЛП – таблиця лінгвістичних правил.

Використовуючи узагальнену модель нечіткого логічного виведення, було сформовано алгоритм управління технологічними параметрами очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки.

Запропоновано спосіб автоматизованого управління ділянкою дефекосатурації, який передбачає регулювання заданих значень рН, витрати соку, витрати вапняного молока, витрати та тиску сатураційного газу, а також температурних режимів. Даний спосіб базується на використанні правил-продукцій, які розміщені в таблицях лінгвістичних правил, що генерують управляючі діяння на відповідні клапани.

Наведено аналіз дослідної експлуатації системи під час виробничого сезону 2000 року на Первухінському цукровому заводі.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ

В результаті проведених досліджень розроблена АСУТП відділення очищення дифузійного соку цукрового виробництва на базі нечіткої логіки та лінгвістичного підходу, яка заснована на використанні формалізованої процедури ідентифікації і створених алгоритмів керування.

Застосований метод синтезу даної системи базується на теорії лінгвістичної змінної та нечітких множин. Цей метод може розглядатися як альтернатива математичної теорії планування експериментів на ранніх стадіях проектування технологічних процесів.

Достовірність розроблених математичних моделей та синтезованих баз знань підтверджується узгодженістю теоретичних та експериментальних результатів та можливістю адаптації системи в залежності від накопичення нових експериментальних даних.

Основні наукові та практичні результати полягають в наступному.

1. Встановлено, що існуючі системи автоматизації відділення очищення дифузійного соку не забезпечують достатньої ефективності управління для підтримання параметрів технологічного процесу очищення дифузійного соку в регламентних межах.
2. Запропоновано застосування методу для побудови автоматизованої системи управління ділянкою очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки.
3. Сформована ієрархічна взаємозалежність факторів, які впливають на підтримання технологічних параметрів ділянки очищення дифузійного соку в регламентних режимах.

4. Побудовані лінгвістичні змінні з функціями належності нечітких термів на основі методу, який базується на шкалі парних порівнянь Сааті.
5. Розроблені аналітичні моделі функцій належності оцінок вхідних змінних для ділянки очищення дифузійного соку.
6. Розроблена і застосована методика розрахунку кількісних значень якісних показників головного і допоміжного обладнання, засобів автоматизації та апаратно-схемного оформлення.
7. Розроблені принципи побудови бази знань нечіткої системи управління з використанням правил-продукцій для критичних ситуацій та таблиць лінгвістичних правил для контурів локального регулювання.
8. Створена база даних та знань для критичних ситуацій та контурів локального регулювання для автоматизованої системи управління ділянкою очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки.
9. Розроблена структура нечіткого локального регулятора другої сатурації.
10. Створений нечіткий локальний регулятор другої сатурації з використанням бази знань на основі таблиць лінгвістичних правил.
11. Проведена апробація нечіткого локального регулятора на створених моделях, яка показала, що інтегральний критерій якості перехідного процесу при використанні нечіткого регулятора менший ніж при регулюванні ПІ-регулятором.
12. Створена структурна схема автоматизованої системи очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки.
13. Розроблений та реалізований спосіб управління ділянкою очищення дифузійного соку з використанням лінгвістичного підходу та математичної нечіткої логіки, як складової частини комп'ютерно-інтегрованої системи цукрового виробництва.
14. Розроблені алгоритми управління параметрами технологічного процесу ділянки очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки.
15. Розроблена АСУТП відділення очищення дифузійного соку цукрового виробництва на базі нечіткої логіки та лінгвістичного підходу і проведена дослідна експлуатація системи протягом виробничого сезону 2000р. на Первухінському цукровому заводі.

Основний зміст дисертації викладено в опублікованих роботах:

1. Пархоменко І.І. Автоматизоване управління ділянкою очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки.// Автоматизація виробничих процесів.-2001-№1(12) - 36-44 с.
2. Пархоменко І.І., Ладанюк А. П., Кишенько В.Д. Управління цукровим виробництвом в умовах невизначеності на прикладі ділянки очищення дифузійного соку.// Наукові праці УДУХТ.- 2001.-№9 - 37-38 с.

3. Пархоменко І.І., Ладанюк А. П., Кишенько В.Д. Побудова локального регулятора процесу другої сатурації на базі нечіткої логіки.// Харчова промисловість-2001 №1(46) - С.55-57.

4. І.І. Пархоменко, А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько. Комп'ютерно-інтегровані технології та лінгвістичний підхід на базі нечіткої логіки в управлінні цукровим заводом: // Наукові праці УДУХТ.-2001.-№10 - 10-11 с.

5. Ладанюк А.П., Кишенько В.Д., Кофанова Н.В., Пархоменко І.І. Управління технологічними комплексами харчових виробництв в умовах невизначеності// Матеріали науково-практичної конференції «Підприємства і цехи малої потужності для переробки сільськогосподарської сировини: ефективність і особливості організації» УКООПСПЛКА Полтавський кооперативний інститут.-Полтава, 1998 р. – 15-24 с.

6. І.І. Пархоменко. Система автоматизованого управління ділянкою очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки// 67-а наукова конференція студентів, аспірантів і молодих вчених - Частина II, Київ, УДУХТ, 2001р. – 133 с.

7. І.І. Пархоменко. Система ситуаційного управління відділенням очищення дифузійного соку// Шоста міжнародна науково-технічна конференція “Проблеми та перспективи створення і впровадження нових ресурсо- та енергоощадних технологій, обладнання в галузях харчової і переробної промисловості”- Частина III, Київ, УДУХТ, 2000 – 31-32 с.

8. В.Д. Кишенько, Н.В. Кофанова, І.І. Пархоменко, Т.А. Пыльник. Управление технологическими комплексами с применением экспертных систем.// Тезисы докладов, международная научно-техническая конференция “Техника и технология пищевых производств” – Могилев, 1998, - 295-296 с.

9. Загородній В.П., Пархоменко І.І., Кишенько В.Д. Адаптивна ідентифікація динамічних об'єктів управління.// Тези доповідей, 64-а студентська наукова конференція – Київ, УДУХТ, 1998р.- 74 с.

10. І.І. Пархоменко, В.Д. Кишенько. Розроблення бази знань нечітких регуляторів у цукровому виробництві.//Тези доповідей, міжнародна науково-технічна конференція “Розроблення та впровадження прогресивних ресурсоощадних технологій та обладнання в харчову та переробну промисловість” - Київ, УДУХТ, 1997 – 139 с.

Пархоменко І.І. Автоматизована система управління ділянкою очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук по спеціальності 05.13.07 – автоматизація технологічних процесів – Український державний університет харчових технологій, Київ, 2002.

Дисертацію присвячено питанню розробки автоматизованої системи управління технологічним процесом очищення дифузійного соку з використанням лінгвістичного підходу та нечіткої логіки. Розроблена структура системи, що забезпечує підтримання технологічних параметрів в регламентних режимах за рахунок акумулювання в базі знань досвіду операторів-технологів (експертів з даної предметної області). Отримана математична модель об'єкта другої сатурації на базі нечіткої логіки та розроблена структура нечіткого локального регулятора другої сатурації з використанням таблиць лінгвістичних правил. Створені алгоритми та спосіб управління технологічними параметрами ділянки очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки. Реалізована розроблена система на основі ПЕОМ та допоміжних засобів автоматизації. Автоматизована система управління ділянкою очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки є складовою частиною розподіленої комп'ютерно-інтегрованої системи цукрового заводу.

Ключові слова: нечітка логіка, технологічний процес, автоматизована система, лінгвістичний метод, математичне моделювання.

Parkhomenko I. I Automated system sugar juice purification control on the base of fuzzy logic.

This is for a candidate degree of technical science by speciality 05.13.07 – automation of technological processes (food industry) – Ukrainian State University of food technologies, Kiev, 2002.

The dissertation is devoted to design automated system technological sugar juice purification complex control by using linguistic method and fuzzy logic. The structure of system which provide the support of the technological parameters was developed by accumulating on the base of expert's knowleges in that field. The math model of the second saturation on the base of fuzzy logic was obtained and structure of the local regulator of the second saturation by using table of the linguistic rules. The algorithms and method of control the technology parametrs of defecosaturetion were developed on the base of fuzzy logic. This system is realization on the base of PC and auxiliary elements of automatisation. Automated system sugar juice purification control on the base of fuzzy logic is the part of distributed computer integrated system of sugar manufacture.

Key words: fuzzy logic, technological process, automated system, linguistic method, mathematical modeling.

Пархоменко И. И Автоматизированная система управления участком очистки диффузионного сока на основе нечеткой логики. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 – автоматизация технологических процессов. – Украинский государственный университет пищевых технологий, Киев, 2002.

Диссертация посвящена вопросам разработки автоматизированной системы управления технологическим процессом очистки диффузионного сока с использованием лингвистического подхода и нечеткой логики.

Актуальность темы заключается в том, что процесс очистки характеризуется существенной степенью неопределенности, значительными размерами векторов входных возмущений и координат состояния, большим уровнем помех и т.д. Использование микропроцессорных систем с типовыми законами регулирования существенно повысило качество управления процессами очистки диффузионного сока. Но даже эти системы не в состоянии конкурировать с человеком в непредсказуемых технологических ситуациях, которые достаточно часто имеют место на производстве. Субъективное понимание технологического процесса, богатый производственный опыт помогают оператору успешно ориентироваться в сложных ситуациях, которые возникают в условиях реального производства. Таким образом, разработка “интеллектуальной” системы автоматизированного управления, которая использует математическую нечеткую логику, является актуальной научной проблемой.

Научная новизна диссертационных исследований заключается в следующем: проведен анализ участка очистки диффузионного сока как объекта управления в нечеткой среде; впервые все влияющие факторы представлены как лингвистические переменные, что есть необходимым для синтеза автоматизированной системы на основе нечеткой логики; разработана структура нечеткого локального регулятора второй сатурации на основе нечеткой логики и лингвистического подхода, а также создана база данных и знаний на основе таблиц лингвистических правил; разработаны алгоритмы и способ управления технологическими параметрами процесса очистки диффузионного сока на основе нечеткой логики; разработана методика расчета по экспертным оценкам количественных значений качественных показателей используемого оборудования, средств автоматизации, аппаратно-схемного оформления; разработана структура автоматизированной системы управления участком очистки диффузионного сока на основе нечеткой логики и лингвистического подхода с использованием продукционных правил для критических ситуаций и с таблицами лингвистических правил для локальных схем регулирования.

Реализована разработанная система на базе ПЭВМ и вспомогательных средств автоматизации. Автоматизированная система управления участком очистки диффузионного сока на основе нечеткой логики является составной частью распределенной компьютерно-интегрированной системы сахарного завода.

Ключевые слова: нечеткая логика, технологический процесс, автоматизированная система, лингвистический метод, математическое моделирование.

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українському державному університеті харчових технологій.

Науковий керівник: Заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор Ладанюк Анатолій Петрович, Український державний університет харчових технологій, зав. кафедрою “Автоматизації та комп’ютерно-інтегрованих технологій”.

Офіційні опоненти: Заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор Богаєнко Іван Миколайович, заступник генерального директора НВК “Київський інститут автоматики”; кандидат технічних наук, професор Лисенко Віталій Пилипович, Національний аграрний університет, зав. кафедрою “Автоматизації сільськогосподарського виробництва”.

Провідна установа: Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса.

Захист відбудеться «__» _____ 2002 р.

О 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради K26.058.05 Українського державного університету харчових технологій за адресою: 01033 Київ-33, м. Київ, вул. Володимирська, 68, ауд-311.

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

Автореферат розісланий «__» _____ 2002 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
к. т. н., доцент

Філоненко В.М.