

УДК 664.12:658.011.56

В.М. СІДЛЕЦЬКИЙ, кандидат технічних наук

І.В. ЕЛЬПЕРІН, кандидат технічних наук

О.М. Пупена, кандидат технічних наук

А.П. Ладанюк доктор технічних наук

Національний університет харчових технологій

АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА ВИБОРУ РЕКОМЕНДОВАНОГО РІШЕННЯ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ДИФУЗІЙНОЮ СТАНЦІЄЮ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

Показана реалізація системи. вибору рекомендованого рішення направлених на усунення відхилень технологічного режиму та на покращення показників роботи дифузійного відділення, при цьому виділяються найбільш вагомі рекомендації.

Ключові слова: прийняття рішень,, багатокритеріальний вибір, домінуючі критерії.

Показана реализация системы. выбора рекомендуемого решения направленных на устранение отклонений технологического режима и на улучшение показателей работы диффузионного отделения, при этом выделяются наиболее весомые рекомендации.

Ключевые слова: принятие решений,, многокритериальный выбор, доминирующие критерии.

Shows the implementation of the system. choice of the recommended solutions to address the deviations of technological regime and to improve the performance of diffusive separation, with the most distinguished tangible recommendations.

Keywords: decision-making, multi-criteria selection, the dominant criteria.

Вступ

Незважаючи на досить високий технічний рівень засобів автоматизації та алгоритмів управління, існуючі системи автоматизації дифузійної станції не завжди можуть адекватно реагувати на порушення технологічного режиму. Це можна пояснити тим, що поза увагою системи автоматизації залишається цілий ряд неконтрольованих параметрів до яких можна віднести: показники якості сировини та стружки, процеси переміщення стружки в ошпарювачі і колоні, питоме завантаження апаратів і інші. Крім того порушення технологічного режиму може відбуватись за рахунок виходу з ладу або погіршення робочих характеристик технічних засобів автоматизації, електроустаткування, механічного обладнання, тощо, які нерозпізнані системою управління або не помічені оператором.

Актуальність

В типових системах автоматизації дифузійної станції використовується супервізорний режим управління при якому робота системи знаходиться під контролем оператора-технолога. У випадку відхилень технологічного процесу від нормального режиму, з якими не може впоратись система автоматизації, оператор повинен втрутитись в процес управління. Саме оператор, на основі свого досвіду повинен встановити причину порушення й змінити задані значення технологічного процесу, які відповідають даній ситуації.

Складність роботи оператора полягає у тому, що відхилення технологічного режиму і погіршення якісних показників процесу можуть бути викликані різними причинами. При цьому неоднозначними є і прийняття рішень по їх усуненню.

Наприклад, якість дифузійного соку можна змінити коефіцієнтом відкачки, який, у свою чергу, можна змінювати або за рахунок кількості дифузійного соку, який відкачується, або кількості бурякової стружки, яка поступає на переробку, тобто зміною продуктивності апарату. Так на перший погляд зміну продуктивності можна зробити дуже просто за рахунок зміни

частоти обертів транспортуючого органу колони. Але продуктивність колони залежить також від питомого навантаження колони та умов переміщення стружки в ньому:

$$Y = f_y(R, V, Z) \quad (1)$$

де Y – продуктивність дифузійного апарату, R – питоме навантаження; V – частота обертів валу; Z – переміщення стружки в апараті.

У свою чергу питоме навантаження R залежить від: частоти обертів валу V , витрати стружки F , рівня в апараті L , якості стружки W та характеризується навантаженням електродвигуна I :

$$R = f_r(V, F, L, W, I) \quad (2)$$

При цьому переміщення стружки в апараті Z залежить від: питомого навантаження в апараті R , рН води P , якості стружки W , температури T :

$$Z = f_z(R, P, W, T) \quad (3)$$

Для максимальної продуктивності колони необхідно працювати з максимальною частотою обертання турбовалу, підтримувати максимальне питоме навантаження та переміщення стружки в апараті. Враховуючи 1, 2 3.

$$\begin{cases} R = f_r(V, F, L, W, I, O_1) \\ Z = f_z(R, P, W, T, O_2) \\ Y = f_y(R, V, Z) \end{cases} \quad (4)$$

На рис. 1 показаний граф, що відображає вплив питомого навантаження та переміщення стружки на продуктивність дифузійної станції.

З наведеного графу видно, що не можна змінювати продуктивність частотою обертів трубовалу, не враховуючи стан стружки, що впливає на навантаження та переміщення стружки в апараті.

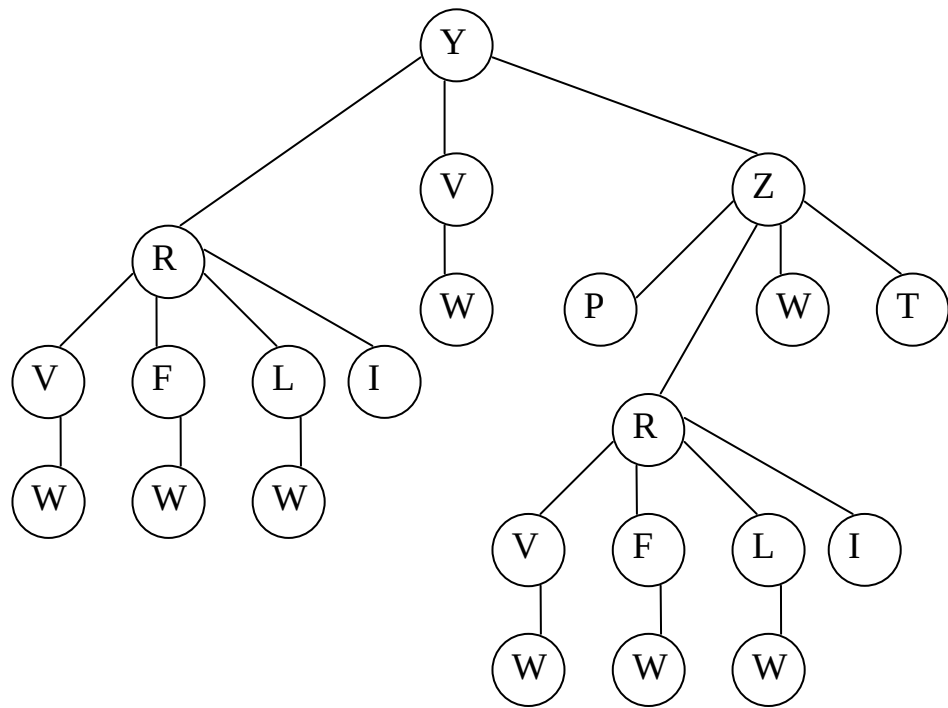


Рис 1. Вплив факторів на продуктивність дифузійного апарату

Таким чином, роль оператора-технолога в системі управління дифузійною станцією є дуже важливою. Саме від його професійних якостей і часу який відведений на прийняття рішень залежить якість управління, саме тому систему автоматизації дифузійної станції доцільно доповнити системою, що допомагатиме у виборі рішення – який доцільно змінити параметр і на яке значення.

Отримання прогнозованих значень показників роботи дифузійної станції

Виведення стосовно зміни технологічних параметрів були отримані з використанням експертного опитування, що мали вигляд правил:

якщо β_1 рівне A_1 і ... і β_m рівне B_m , тоді ω_1 рівне C_1 ,

якщо β_m рівне A_m і ... і β_n рівне B_n , тоді ω_s рівне C_s ,

де: $A_1, A_n, B_1, B_m, C_1, C_s$ – терми лінгвістичних змінних, які дозволяють сформулювати рекомендації визначення характеру зміни технологічних параметрів у вигляді термів «збільшити», «зменшити», але для використання цих рекомендацій у системі автоматизованого управління необхідно визначити кількісні характеристики цих рекомендацій. Тобто використовуючи інформацію із системи автоматичного контролю, даних

заводської лабораторії, результатів візуального обстеження роботи обладнання необхідно обробити згідно правил експертного опитування і в результаті отримати рекомендації по управлінню дифузійною станцією, характеру зміни технологічних параметрів у вигляді числових значень.

Для вирішення даної задачі був використаний механізм логічного виведення [1], який побудований з використанням алгоритму нечіткого виведення Мамдані. Приклад отриманих рекомендованих значень зміни параметрів у вигляді характеру (збільшити, зменшити) та числового значення зміни технологічного параметра наведений в таблиці 1.

Таблиця 1 Рекомендовані значення технологічних параметрів

№	Назва параметру	Од. вим.	Значення
1	Витрата дифузійного соку	м ³ /год	-10.12
2	Витрата стружки	т/год	15.48
3	Напруга двигуна колони	В	17.54
4	Температура в колоні (середня)	°С	2.75
5	Рівень в колоні	%	4.97
6	Напруга двигуна ошпарювача	В	-8.43
7	Температура в ошпарювачі (середня)	°С	-1.32

Оцінити до яких наслідків приведуть зміни, що рекомендуються системою, можливо тільки при використанні моделі прогнозу з врахуванням поточного стану технологічного процесу.

Отримати значення для побудови моделі прогнозування показників роботи дифузійної станції від технологічних параметрів можна в процесі проведення активного чи пасивного експерименту. Провести активний експеримент на дифузійній станції практично неможливо, тому для розробки моделі були використані дані системи автоматичного контролю технологічних параметрів, які збережені у архіві АРМа оператора-технолога, та дані лабораторій про показники роботи дифузійної станції, які фіксувались у робочих журналах змінних технологів, на основі цих даних були побудовані регресійні моделі.

Перевірка, як вплинуть рекомендації по зміні технологічних параметрів на показники роботи дифузійної станції, що проводилась на основі регресійних моделей, привела до отримання значної множини можливих варіантів вибору рекомендацій (табл. 2).

Таблиця 2 Прогнозовані показники роботи дифузійної станції у відповідності з рекомендованими значеннями параметрів

№	Технологічні параметри та їх значення з врахуванням рекомендованої зміни							Показники роботи дифузійної станції				
	Витрата дифузійного соку	Витрата стружки	Напруга двигуна колони	Температура в колоні (середня)	Рівень в колоні	Напруга двигуна опшарювача	Температура в опшарювачі (середня)	Якість дифузійного соку	Втрати цукру в жомі	Невраховані втрати	Питоме навантаження	Переміщення стружки
1	112.94	70.83	165.56	64.93	85.03	300.80	74.15	11.71	0.382	0.077	63.804	1.12
2	112.94	70.83	165.56	64.93	85.03	300.80	72.83	11.71	0.370	0.077	63.804	1.12
3	112.94	70.83	165.56	64.93	85.03	292.37	74.15	11.71	0.382	0.077	63.804	1.12
4	112.94	70.83	165.56	64.93	85.03	292.37	72.83	11.71	0.370	0.077	63.804	1.12
5	112.94	70.83	165.56	64.93	90.00	300.80	74.15	11.79	0.392	0.082	60.185	1.18
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
126	102.82	86.31	183.10	67.68	90.00	300.80	72.83	12.50	0.252	0.048	69.451	4.78
127	102.82	86.31	183.10	67.68	90.00	292.37	74.15	12.50	0.264	0.048	69.451	4.78
128	102.82	86.31	183.10	67.68	90.00	292.37	72.83	12.50	0.252	0.048	69.451	4.78

Я видно із таблиці, для комбінації з 2 параметрів можна отримати 128 варіантів рекомендацій для зміни параметрів. Зрозуміло, що видача всіх цих рекомендацій оператору для вибору якогось варіанту для прийняття рішення, не має ніякого сенсу, так як оператору буде необхідно постійно аналізувати співвідношення трьох показників якості та двох критеріїв обмеження. При цьому покращення одного показника, як правило, викликає погіршення іншого. Також необхідно врахувати, що для дифузійної станції цукрового заводу характерною ознакою є використання різних одиниць і різних шкал для показників якості роботи дифузійної станції. Крім того, наявні безрозмірні показники роботи, наприклад, переміщення стружки в апараті. У зв'язку з цим необхідно провести нормалізацію показників роботи дифузійної станції. Тому була використана формула повної нормалізації критеріїв:

$$f_i^{\text{н}} = \frac{\overline{f_i} - \min_{x \in X} \overline{f_i}}{\max_{x \in X} \overline{f_i} - \min_{x \in X} \overline{f_i}} \quad (5)$$

де $f_i^{\text{н}}$ - нормалізований критерій, $\overline{f_i}$ - вихідний критерій.

В якості критеріїв були використані показники роботи дифузійної станції. Дана нормалізація відображає вихідні значення показників на відрізок від нуля до одиниці. Найкраще значення нормалізованого показника роботи дифузійної станції дорівнює одиниці, а найгірше – нулю.

Крім повної нормалізації показників роботи, була проведена *зміна направленості цілі*. Це пояснюється необхідністю переходу до однонаправлених показників роботи дифузійної станції (якість соку необхідно *збільшувати*, а втрати цукру необхідно *зменшувати*). Зміна направленості цілі розуміється в заміні «max» на «min» або «min» на «max»:

$$f_i^{\text{н}} = 1 - \overline{f_i}. \quad (6)$$

В таблиці 3 наведені нормалізовані показники якості роботи дифузійної станції для наведених вище рекомендацій

Умовою вирішення даної задачі є знаходження таких рішень в процесі вибору рекомендації (з врахуванням множини показників), при яких показники роботи дифузійної станції матимуть максимальне значення:

$$\langle f_1(x), f_2(x), \dots, f_i(x) \rangle \rightarrow \max_{x \in X}. \quad (7)$$

Таблиця 3

Фрагмент нормалізованих показників роботи дифузійної станції

№	Показники роботи дифузійної станції				
	Якість дифузійного соку	Втрати цукру в жомі	Невраховані втрати	Питоме навантаження	Переміщення стружки
1	0.00	0.07	0.14	0.51	0.00
2	0.00	0.15	0.14	0.51	0.00
3	0.00	0.07	0.14	0.51	0.00
4	0.00	0.15	0.14	0.51	0.00
5	0.10	0.00	0.00	0.32	0.02
...	...	...	...	...	...
126	1.00	0.93	0.92	0.81	1.00

127	1.00	0.85	0.92	0.81	1.00
128	1.00	0.93	0.92	0.81	1.00

На рис.2 наведене графічне представлення нормалізованих показників роботи для вибору рекомендацій, які наведені у таблиці 3.

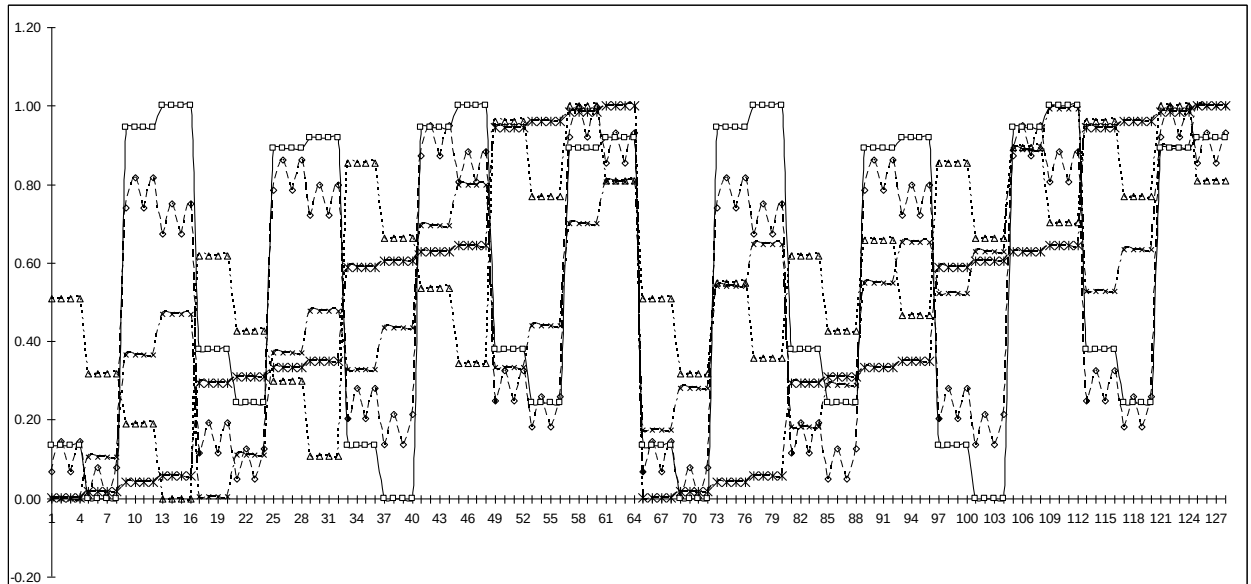


Рис. 2. Графічне представлення нормалізованих показників

(× - вміст цукру в дифузійному соку, ◇ - втрати цукру в жомі, □ - невраховані втрати, △ - завантаження апарату, * - переміщення стружки)

На практиці, для дифузійної станції неможливо знайти таке рішення, при якому всі показники роботи одночасно матимуть максимальне значення. Це пов'язано зі специфікою процесу висолоджування. Збільшення продуктивності приводить до зменшення часу перебування стружки в апараті, що призводить до збільшення втрат цукру в жомі. Збільшення витрати дифузійного соку зменшує втрати цукру в жомі, але при цьому зменшує якість дифузійного соку. Тобто якщо рішення максимізує один із показник роботи, то інші критерії цим рішенням не максимізуються.

У зв'язку з цим для вирішення задачі, щодо знаходження такої рекомендації, при якій будуть найкращими показники, була використана методика домінуючих критеріїв, згідно якої знаходиться рішення, у якому найбільша кількість домінуючих показників [2].

Для цього формується матриця A розміром $n \times n$ з елементами $a_{ij} = q(x^i, x^j)$, де $q(x^i, x^j)$ - кількість показників, за якими рекомендація x^j перевищує x^i , а $i, j = \overline{1, n}$, де n - кількість рекомендацій.

Вирішенням задачі є знаходження підмножини всіх варіантів $x \in X$ з мінімальним в X домінуючим показником:

$$C^K(X) = \left\{ x \in X \mid Q_X(x) = \min_{z \in X} Q_X(z) \right\}, \quad (8)$$

де: величина $Q_X(x)$ називається домінуючим показником рекомендації x і знаходиться як:

$$Q_X(x) = \max_{x^j \in X} q(x^i, x^j), \quad (9)$$

Для випадку, який вказаний в таблиці 3, матриця (10) формується з розміром всіх рекомендацій, тобто 128×128 :

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	$\dots$	x_{126}	x_{127}	x_{128}
x_1	0	1	0	1	2	$\dots$	5	5	5
x_2	0	0	0	0	2	$\dots$	5	5	5
x_3	0	1	0	1	2	$\dots$	5	5	5
x_4	0	0	0	0	2	$\dots$	5	5	5
x_5	0	3	3	3	0	$\dots$	5	5	5
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
x_{126}	0	0	0	0	0	$\dots$	0	0	0
x_{127}	0	0	0	0	0	$\dots$	1	0	1
x_{128}	0	0	0	0	0	$\dots$	0	0	0

Якщо при побудові матриці зустрічаються рекомендації в яких всі критерії домінуючі, (з 10 видно, що є рекомендації, в яких всі 5 показників якості домінують), то відбираються рекомендації з максимальною кількістю показників якості, а потім вибрані рекомендації порівнювались між собою. Формування матриць закінчується, якщо виконувалась одна із умов: кількість домінуючих показників якості була менше, ніж кількість всіх показників, або рекомендація з усіма домінуючими показниками була одна. У першому випадку, коли кількість домінуючих показників була менша, ніж загальна

кількість показників, і при цьому рекомендацій було декілька, то рекомендації між собою порівнювались і вибиралась рекомендація з мінімальним домінуючим критерієм. У випадку, коли вони були рівні - вибиралась перша рекомендація.

Для рекомендацій, які розглядаються у таблиці 3, найкращими будуть наступні варіанти:

$$x_{126} = [x_{126}^1, y_{126}^2, y_{126}^3, y_{126}^4, y_{126}^5] = [1.00, 0.93, 0.92, 0.81, 1.00],$$

$$x_{128} = [x_{128}^1, y_{128}^2, y_{128}^3, y_{128}^4, y_{128}^5] = [1.00, 0.93, 0.92, 0.81, 1.00].$$

При такому вирішенні кількість можливих варіантів рекомендацій зменшилась до двох.

Висновки

Використання автоматичної системи вибору рекомендованого рішення дозволяє не тільки видати рекомендації, щодо усунунень відхилень технологічного режиму та для покращення показників роботи дифузійного відділення, та й звести їх до мінімального можливого значення, виділяючи найбільш вагомі рекомендації, але й перевірити до яких наслідків приведе вибрана рекомендація якщо її прийняти.

Список використаної літератури

1. Сідлецький В.М., Механізм логічного виведення рекомендацій щодо зміни технологічних параметрів для колонної дифузійної станції/ Сідлецький В.М., Ельперін І.В., // Харчова промисловість. – 2010. – №9. – С. 136-141.
2. Теория выбора и принятия решений / И.М.Макаров, Т.М.Виноградская, А.А.Рубчинский, В.Б.Соколов; – М.: Наука, 1982. – 328 с.