

УДК 664.12:658.011.56

# СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ДИФУЗІЙНОЇ СТАНЦІЇ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

**В.М. Сідлецький**

Кандидат технічних наук, доцент\*

Контактний тел.: (044) 287-96-01, 067-744-64-10

E-mail: vmsidletskiy@gmail.com

**І.В. Ельперін**

Кандидат технічних наук, професор\*

\*Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих

технологій

Національний університет харчових технологій  
вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01033

Контактний тел.: (044) 287-92-55

E-mail: elperin@nuft.edu.ua

*Наведено реалізацію системи прогнозування параметрів роботи дифузійної станції цукрового заводу, що включає в себе моделі розрахунку показників роботи дифузійної станції*

*Ключові слова: прогнозування, функції регресії, показники якості*

*Показана реализация системы прогнозирования параметров работы диффузионной станции сахарного завода, которая включает в себя модели расчета показателей работы диффузионной станции*

*Ключевые слова: прогнозирование, функции регрессии, показатели качества*

*Shows the implementation of the system of forecasting the parameters of the diffusion station sugar factory, which includes model calculation indicators work*

*Key words: forecasting, regression function, indicators quality*

## Вступ

Діючі системи автоматизації дифузійної станції цукрового заводу забезпечують підтримання на заданому рівні технологічних параметрів, які дозволяють вести процес в межах регламентованих значень і працюють досить надійно. Але, як показує практичний досвід роботи з такими системами, не рідко виникають ситуації при яких технологічний режим порушується, а система автоматизації на них не реагує, або реагує з досить великим запізнюванням. Це пояснюється тим, що система автоматизації не може інструментальними методами контролювати якість сировини і стан стружки, процеси переміщення стружки в ошпарювачі і колоні, втрати цукру і інше. Крім того, для одних і тих же значень параметрів технологічного процесу можна отримати різні значення показників роботи дифузійної станції, які у деяких випадках можуть бути ще й суперечливими. Це пояснюється тим, що:

- процес висолоджування є нестационарним, і тому математична модель процесу, яка розроблена тільки на основі матеріальних та енергетичних балансів, не зможе повністю врахувати вплив всіх факторів, які виникають на дифузійній станції,

- на процес висолоджування, крім технологічних параметрів, суттєво впливають інші фактори, які мо-

жуть привести до суперечливої оцінки оператором стану процесу, в результаті чого будуть прийняті помилкові рішення.

## Актуальність

Робота дифузійної станції характеризується наявністю слабо формалізованих параметрів (якість стружки, час дифузії, переміщення стружки) та їх значною зв'язністю (рис. 1), що призводить до одночасної зміни показників якості роботи дифузійної станції при зміні одного з них. Тому складність роботи оператора полягає у визначення причини відхилення технологічного режиму і погіршення якісних показників процесу, що ускладнює прийняття рішень з їх усунення.

Крім того, необхідно враховувати, що відхилення технологічного режиму і погіршення якісних показників процесу можуть бути викликані різними причинами. При цьому неоднозначними може бути прийняття рішень з їх усунення.

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.

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.

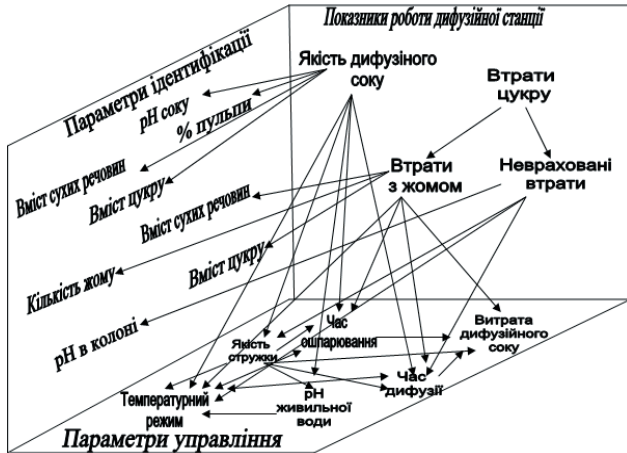


Рис. 1. Зв'язність параметрів, які впливають на показники роботи дифузійної станції

Тому, важливо знати, як зміна вибраного параметру вплине на зміни показників якості роботи дифузійної станції.

У зв'язку з цим, розробка підсистеми прогнозування зміни показників якості роботи дифузійної станції від значень технологічних параметрів є актуальною для вдосконалення існуючих систем автоматизації.

### Розробка моделі розрахунку прогнозованих показників роботи

Отримати значення для побудови моделі прогнозування показників роботи дифузійної станції від технологічних параметрів можна в процесі проведення активного чи пасивного експерименту. Так як проведення активного експерименту на працюючій дифузійній станції практично неможливо, тому для розробки моделі були використані дані системи автоматичного контролю технологічних параметрів, які збережені в архіві автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора-технолога, та дані лабораторій про показники роботи дифузійної станції, які фіксувались у робочих журналах змінних технологів на цукровому заводі ДП «Агропромцукор».

Виходячи з властивостей дифузійної станції як об'єкта дослідження для якого характерна нестационарність і висока динамічність зроблений висновок, що модель прогнозування повинна мати можливість оперативного корегування. Прийнято рішення у якості моделі вибрати

регресійні функції з періодичним перерахунком коефіцієнтів регресії.

Для побудови моделі прогнозування з використанням регресійного аналізу необхідно підібрати функцію, а потім розрахувати коефіцієнти регресії. При виборі вигляду функції регресії перевага віддавалась тій, для якої коефіцієнт детермінації  $R^2$  мав найбільше значення.

Визначення функції регресії і її перевірка для використання у вигляді прогнозуючої моделі проводилась у наступній послідовності:

- для окремих показників якості процесу дифузії вибирались дані за певний проміжок часу для яких визначалась функція регресії і методом найменших квадратів розраховувались коефіцієнти регресії;
- для вибраної функції розраховувались прогнозовані значення для наступного періоду і порівнювались з реальними даними.

Для кожного параметра наведені графіки зміни їх значень для одного з вибраних періодів. У лівій частині графіка (базовий період) наведені виробничі дані, на основі яких розраховувались коефіцієнти регресії, а справа – експериментальні та розраховані дані, параметра для визначення його прогнозованого значення.

Наприклад, на рис. 2 наведені дані про втрати цукру в жомі. Для значення часу 15:00, для реальних даних виробництва, які знаходяться ліворуч від цього часу, визначається функція регресії відповідно для якої розраховуються прогнозовані дані, які показані праворуч від цієї відмітки. Ці дані порівнюються з реальними даними виробництва. Між ними розраховується приведена відносна похибка. Потім ці розрахунки повторюються для наступного значення часу.

Для всіх параметрів, які аналізувалися, наведені таблиці, у яких наведені реальні і розрахункові данні для трьох періодів перевірки і приведені значення відносної похибки.

Для розрахунку втрат цукру в жомі була отримана функція:

$$\begin{aligned}
 \text{Ув.ц.} = & 2,6379 - 0,050x_1 + 0,002x_2 - 0,0004x_3 + \\
 & 0,0114x_4 + 0,0011x_5 - 0,0013x_6 - 0,4825x_7 + \\
 & + 0,0127x_1x_7 - 0,0024x_4x_7 - 0,001x_5x_7 - 0,0069x_7
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

де:  $x_1$  – температура в колоні,  $x_2$  – рівень в колоні,  $x_3$  – напруга на двигуні колони,  $x_4$  – температура в опарювачі,  $x_5$  – витрата дифузійного соку,  $x_6$  – витрата стружки,  $x_7$  – процент браку в стружці.



Рис. 2. Втрати цукру в жомі

**Таблиця 1**

Прогнозовані значення втрат цукру в жомі

Період вибірки	23.09 - 24.09	17.10 - 18.10	5.11 - 6.11
R <sup>2</sup>	0.936	0.95	0.91
Y <sub>в.ц.</sub> ,%	0.39	0.39	0.37
Y <sub>в.ц.</sub> (прогнозовані),%	0.39	0.35	0.36
Δ <sub>приведена відносна</sub> ,%	0 %	10%	2.7%

Для розрахунку вмісту цукру в дифузійному соку було використане наступне рівняння регресії:

$$Y_{\text{диф.сік}} = 19,2151 + 0,1051x_1 + 0,0168x_2 + 0,0003x_3 + 0,1045x_5 - 0,0964x_6 - 2,8059x_8 - 1,5701x_9 - 0,014x_5x_8 + 0,0137x_6x_8 + 0,2516x_8x_9 + 0,5472x_2 / x_6$$

де: x<sub>8</sub> – довжина стружки, x<sub>9</sub> – процент цукру в стружці (дигестія) (параметри x<sub>1</sub> – x<sub>7</sub> вказані у рівнянні 1)



Рис. 3. Вміст цукру в дифузійному соку

**Таблиця 2**

Прогнозовані значення цукру в дифузійному соку

Період вибірки	23.09 - 24.09	17.10 - 18.10	5.11 - 6.11
R <sup>2</sup>	0.723	0.91	0.87
Y <sub>диф.сік</sub> ,%	11.81	11.84	11.95
Y <sub>диф.сік</sub> (прогнозовані),%	11.67	11.59	11.93
Δ <sub>приведена відносна</sub> ,%	1.19 %	2.11%	0.17%

Для розрахунку неврахованих втрат цукру була отримана функція:

$$Y_{\text{втр.цукру}} = 154,3954 - 1,3979x_1 + 39,6672x_2 / x_3 - 10,537x_8 - 10,8462x_9 + 0,0069(x_2 / x_3)x_9 - 0,8409(x_2 / x_3)x_1 + 0,0525x_1x_8 + 0,0953x_1x_9 + 0,5207x_8x_9$$

**Таблиця 3**

Прогнозовані значення неврахованих втрат цукру

Період вибірки	23.09 - 24.09	17.10 - 18.10	5.11 - 6.11
R <sup>2</sup>	0.65	0.84	0.87
Y <sub>втр.цукру</sub> (згладжені),%	0.78	0.91	1.00
Y <sub>втр.цукру</sub> (прогнозовані),%	0.87	0.89	0.96
Δ <sub>приведена відносна</sub> ,%	11.5	2.2	4

Для розрахунку споживання струму двигунами колони було використане наступне рівняння регресії:

$$Y_{\text{струм дв.}} = -206,156 + 3,6822x_1 - 0,77281x_2 + 0,1304x_3 + 0,7065x_6 + 39,6225x_{10} + 0,5718x_1x_{10} - 0,0079x_6x_{10} + 5,4975x_6 / x_3 - 0,0364x_{10}$$

де: x<sub>10</sub> – процент пульпи в стружці.

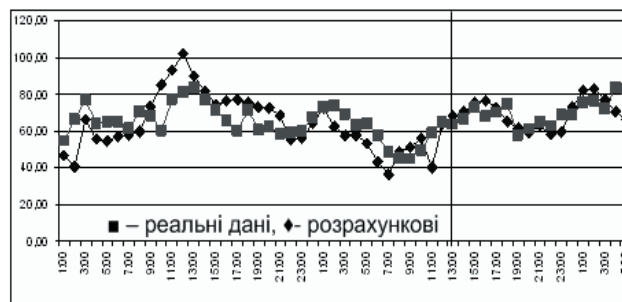


Рис. 5. Споживання струму двигунами колони

Для розрахунку переміщення стружки в апараті було використане наступне рівняння регресії:

$$Y_{\text{перем}} = -2,4486 + 0,0538x_1 + 0,0117x_2 + 0,0002x_3 - 0,0175x_6 - 0,0771x_{10} + 0,0009x_6x_{10} + 1,2245x_6 / x_3 + 0,0002x_{10}$$

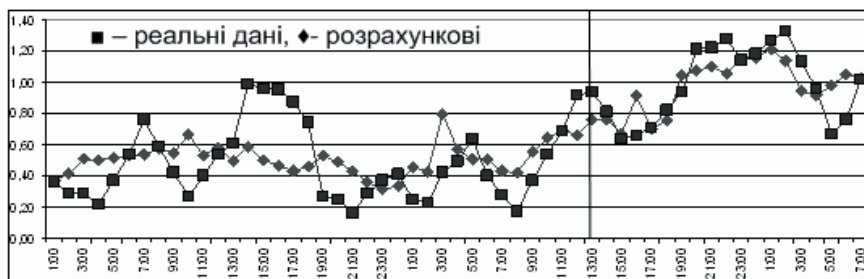


Рис. 4. Невраховані втрати цукру

**Таблиця 4**

Прогнозовані значення споживання струму двигунами колони

Період вибірки	23.09 - 24.09	17.10 - 18.10	5.11 - 6.11
$R^2$	0.5	0.84	0.92
$Y_{\text{струму}}$ (згладжені),%	61.02	63.48	76.76
$Y_{\text{струму}}$ (прогнозовані),%	61.09	68.69	72.22
$\Delta_{\text{приведена відносна}}$ ,%	0.1	8.2	5.9

В якості функції було взято відношення витрати стружки до навантаження на двигунах колони, тобто, чим більша витрата і менше навантаження, тим краще переміщення стружки.

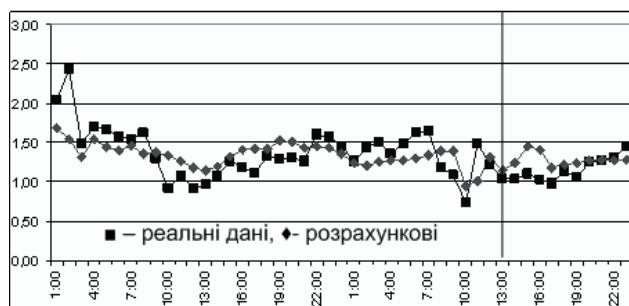


Рис. 6. Переміщення стружки в апараті

**Таблиця 5**

Прогнозовані значення переміщення стружки в апараті

Період вибірки	23.09 - 24.09	17.10 - 18.10	5.11 - 6.11
$R^2$	0.95	0.94	0.92
$Y_{\text{перем}}$	1.72	1.92	2.12
$Y_{\text{перем}}$ (прогнозовані)	1.70	1.97	2.05
$\Delta_{\text{приведена відносна}}$ ,%	1.16	2.6	3.3

З отриманих результатів можна зробити висновок, що регресійна модель може бути використана для отримання короткочасного прогнозу (1 година) щодо зміни показників дифузійної станції у разі зміни технологічних параметрів.

**Реалізація системи**

Загальна схема отримання прогнозу наведена на рис. 7. Для отримання параметрів функції прогнозу (коефіцієнтів регресії) з архіву береться вибірка значень технологічних параметрів та показників роботи дифузійної станції за останні 6-8 годин.

Якщо розраховані моделі приймаються, то проводяться розрахунки прогнозованих значень показників роботи дифузійної станції у відповідності до рекомендованих змін технологічних параметрів протягом однієї години. За годину знову відбувається перерахунок регресійної моделі для нової вибірки даних.



Рис. 7. Схема отримання прогнозованих значень показників роботи дифузійної станції

**Висновки**

Запропонований алгоритм і математичні моделі дозволяють визначити прогнозовані значення показників роботи дифузійної станції, які можливо отримати в залежності від поточних значень технологічних параметрів та показників сировини на вході, а також виробити рекомендації щодо корегування технологічного режиму дифузійної станції для покращення показників її роботи, що може бути використано в автоматизованій системі управління.

**Література**

1. Сідлецький В.М. Розробка алгоритмів підсистеми підтримки прийняття рішень для контролю якості роботи дифузійного відділення [Текст] / В.М.Сідлецький, І.В. Ельперін, А.П.Ладанюк // Автоматика. Автоматизация. Електротехнические комплексы и системы. – 2006. – №2(18). – С. 92-97.
2. Сідлецький В.М., Механізм логічного виведення рекомендацій щодо зміни технологічних параметрів для колонної дифузійної станції [Текст] / Сідлецький В.М., Ельперін І.В., // Харчова промисловість. – 2010. – №9. – С. 136-141.