

## Про математичні методи оцінки деяких показників технологічних процесів

А.Ф. Кравчук, технічний директор ТОВ «Фірма «ТМА»

*В статті приведені приклади математичних методів оперативної оцінки деяких показників виробництва цукру. На основі рівняння П.М. Сіліна за заводськими даними визначається вміст цукру в жомі при зміні відкачки соку з врахуванням температурного фактора в дифузійному апараті. Приведена формула розрахунку зміни втрат цукру при зниженні добової переробки буряків. Приведена формула розрахунку зміни споживання палива на основі питомої витрати пари при зміні відкачки соку на 1,0% і добової переробки буряків.*

*Ключові слова: жом, відкачка, сік, буряки, збереження, цукор, пара, паливо.*

*В статье приведены примеры математических методов для оперативной оценки некоторых показателей производства сахара. На основании уравнения П.М. Силина по заводским данным определяется содержание сахара в жоме при изменении откачки сока с учетом температурного фактора в диффузионном аппарате. Приведена формула расчета изменения потерь сахара при снижении суточной переработки свеклы. Приведена так же формула расчета изменения потребления топлива на основе удельного расхода пара при изменении откачки сока на 1,0 % и суточной переработки свеклы.*

*Ключевые слова: жом, откачка, сок, свекла, хранение, сахар, пар, топливо.*

*Examples of mathematical methods for quick estimation of some indicators of sugar production are presented in the article. Based on equation by P.M. Silin, content of sugar in marc when juice pumping changes is determined using factory data, taking into account temperature in the diffuser. Formula to calculate changes of sugar losses when daily processing of beet decreases is presented. Another formula is presented, for calculating changes of fuel consumption, based on steam rate when juice pumping changes by 1.0% and daily processing of beet.*

*Keywords: marc, pumping, juice, beet, storage, sugar, steam, fuel*

При вдосконаленні існуючого виробництва цукру, крім використання стандартизації та раціоналізації процесів, необхідне планування та управління всіх сторін процесу.

В сучасному виробництві ефективність заходів характеризується не тільки кількісними характеристиками показників. Оперативна математична обробка та оцінка показників за годину або добу формує загальну ефективність роботи заводу.

Цукрові заводи сьогодні мають певний рівень оснащення мікропроцесорною технікою, але вона використовується лише для рішення задач управління процесами. В умовах відсутності повної інформації, необхідної для кількісної економічної оцінки виробництва, використання математичних методів залежить від поставленої задачі.

Однією з можливих постановок задач є проблема визначення стану виробництва за годину, добу, декаду, яку потім можна було б віднести до іншого часу переробки буряків, або порівняти з ситуацією на іншому заводі. Най-

більший інтерес щодо вдосконалення виробництва відноситься до економічної ефективності.

Для економічної оцінки стану чи заходів щодо вдосконалення виробництва ми рекомендуємо використати поки що тільки такі показники:

- кількість буряків, які необхідно переробити за сезон;
- вміст цукру в жомі;
- кількість дифузійного соку, що відкачується з дифузійної установки;
- кількість буряків, які необхідно переробити за добу;
- втрати цукру при зберіганні буряків;
- витрата палива на технологічні потреби.

В різні роки ми маємо різну погоду при вирощуванні буряків, різний рівень врожайності буряків, їх якісні показники щодо зберігання та переробки. Тому не завжди можливо виконати оцінку по одному критерію ефективності. Наприклад, маючи обмежену продуктивність заводу при високій врожайності, необхідно

## ТЕХНОЛОГІЇ

вести переробку з максимальною добовою продуктивністю тому, що втрати цукру при збереженні і при переробці буряків не на користь втратам цукру в жомі. При низькій врожайності буряків раціональна робота при знижених втратах цукру в жомі.

Одна з постановок задач може бути такою:

– яким буде економічний ефект при зміні таких параметрів як вміст цукру в жомі, кількість відкачуваного дифузійного соку і кількість перероблюваних буряків за добу?

Оптимальна питома економічна ефективність, математично розрахована для цих параметрів без врахування пресування жому приведена в статті [1].

Для вказаної задачі, приймаючи деякі спрощення з метою досягнення наглядності дій, приймаємо метод порівняння результатів двох різних станів: до і після зміни параметрів.

Точність розрахунків підвищується, коли ми точніше знаємо про якість буряків.

Розглянемо математичний приклад рішення поставленої задачі з використанням відомого рівняння П.М. Сіліна, яке відображає залежність між цими параметрами.

$$(n / n - 1) \lg (n - 1 + c) / n \cdot c_1 = \gamma \quad (1),$$

$$\gamma = A \cdot l \cdot \theta_m \cdot z \quad (2),$$

де:  $n$  – відкачка дифузійного соку віднесена до однієї масової частини соку в буряках;

$c$  – вміст цукру в стружці, віднесений до однієї частини поляризованого цукру в буряках;

$c_1$  – вміст цукру в жомі, віднесений до однієї частини поляризованого цукру в буряках;

$A$  – постійний коефіцієнт, визначений експериментально,  $A=6,7 \cdot 10^{-5}$ ;

$l$  – довжина 100 г стружки, м;

$\theta_m$  – температурний фактор, розрахований по формулі  $\theta_m = T/1000\eta$ ;

$T$  – абсолютна температура, К;

$\eta$  – в'язкість;

$z$  – час активної дифузії, хв.

Технологу-практику більше зрозумілі не ці параметри, що входять в формулу (1), а їх співвідношення до маси перероблюваних буряків. Це стосується вмісту цукру в жомі і відкачування дифузійного соку. Перерахунок не створює проблеми.

Значення  $n$  визначають по відношенню:  $n=\alpha/93$ .

Для буряків «базової» якості і стабілізованого режиму роботи апарата величини  $A$ ,  $\theta_m$ ,  $l$  можуть бути прийняті незмінними. При зміні технологічних показників буряків визначається нова базова ситуація. Величина  $z$  змінна і не

впливає на зміну погодинної переробки буряків. Витрата бурякової стружки і час активної дифузії обернено пропорційні.

Для практичного використання рівняння П.М. Сіліна необхідно внести заводські величини вмісту цукру в жомі і відкачки дифузійного соку, а потім зробити рішення рівняння (1) відносно вмісту цукру в жомі  $c_1$ . В правій частині рівняння залишається змінною величина  $z$ .

$$c_1 = (n - 1) / 10^{\gamma(n-1)/n} \cdot (n - 1) \quad (3)$$

Тепер, при існуючих погодинних змінах в переробці буряків вважаємо доцільним стабілізувати відкачку дифузійного соку, що забезпечує стабільну регламентну роботу відділення очищення соку.

**Приклад 1.** Для заводських показників:  $\alpha=110\%$  до ваги буряків;  $t_{cp}=70^\circ\text{C}$ ;  $l=10$  м;  $n=1,18$ ;  $\theta_m = 83,6$  (див. таблицю 1);  $z=60$  хв.;  $A=6,7 \cdot 10^{-5}$ ;  $\gamma=3,36$ . Вміст цукру в жомі -  $c_1=0,31\%$  до ваги буряків.

Температурний фактор визначаємо з **таблиці 1**.

**Приклад 2.** Для тих же показників при зміні відкачки соку до величини  $\alpha=115\%$  ми отримаємо вміст цукру в жомі  $c_1=0,23\%$  до ваги буряків.

Розрахований вміст цукру в жомі необхідно корегувати по відхиленню температури соко-стружкової суміші в кінці апаратів, якщо 4-а зона коритного апарата не підігрівається паром, або температура на виході з апаратів нижча за середнє значення на 4-5 $^\circ\text{C}$ .

Корегуючий коефіцієнт визначається таким чином:

$$\Delta c_1 = t_{cp} / t_{ka} \cdot (1 - \delta_1) \quad (4),$$

де:  $t_{ka}$  – температура в кінці апарата,  $^\circ\text{C}$ ;

$\delta_1$  – частина довжини (висоти) апарата, що віднесена до пониженої температури;

**Приклад:**  $t_{cp}=70^\circ\text{C}$ ,  $t_{ka}=66^\circ\text{C}$ ,  $\delta_1=0,25$ .

Корегуючий коефіцієнт дорівнює:  $\Delta c_1 = 70 / 66 (1 - 0,25) = 1,4$ .

Реальний вміст цукру в жомі буде:

**для прикладу 1:**  $Sx_1 = c_1 \cdot \Delta c_1 = 0,31 \cdot 1,4 = 0,43\%$  до ваги буряків;

**для прикладу 2:**  $Sx_1 = 0,23 \cdot 1,4 = 0,32\%$  до ваги буряків.

Характерно, що при зниженні довжини стружки на 1 м, наприклад, від 10 м до 9 м вміст цукру в жомі збільшується на 6-7%, якщо залишаються незмінними відкачка соку і температура.

Змінюючи відкачку дифузійного соку від 100% до 140% при заданій переробці буряків,

Таблиця 1

$t$	30	40	50	60	70	80
$T$	303	313	323	333	343	353
$\theta_m$	37,8	47,7	58,6	70,6	83,6	97,8

ми можемо простежити за зміною вмісту цукру в жомі і визначити ефективний режим роботи дифузійного апарата.

Необхідно також нагадати, що при збільшенні довжини стружки на 1 м, наприклад, від 9 м до 10 м ми маємо можливість мати відкачку соку на 6-8% нижчу від існуючої до збільшення довжини стружки. З практичного досвіду відомо, що при зниженні відкачки соку на кожні 10,0 % споживання палива знижується на 0,35-0,40 % до ваги буряків.

Приведені показники та їх ефективні величини можуть бути основою для реконструкції технологічних процесів в бурякопереробному відділенні заводу.

### ВТРАТИ ЦУКРУ ПРИ ЗБЕРІГАННІ БУРЯКІВ

При зберіганні буряків на втрати цукру впливають погодинні і добові простої заводу, а також зниження добової переробки буряків при необхідності зниження втрат цукру в жомі.

При трьох-п'яти добовому запасі буряків на складі заводу про втрати цукру при зберіганні буряків можна не говорити. Така ситуація буває на початку сезону переробки буряків і існує до 20 діб. Цей термін залежить від планової кількості буряків, які необхідно переробити за сезон і величини заводського складу. Цукрові заводи будують декілька заводських складів типу сплавних площадок-бурячних на 5-10 добовий запас буряків. Існує також необхідність переробки на одному заводі від 600 000 до 1 000 000 тонн буряків за сезон.

При цьому виникає необхідність зберігання буряків.

Різниця втрат цукру між 5-10-ти добовим запасом і подальшим зберіганням буряків може бути розрахована по формулі:

$$cx_n = 1/2(z_2 - z_1) cx_c \quad (5)$$

де:  $cx_n$  – зміна втрат цукру, починаючи з дня зберігання буряків, % до ваги буряків;

$z_1$  – термін часу сезону при плановій кількості буряків;

$z_2$  – термін часу сезону, при зниженій переробці буряків;

$cx_c$  – добові нормативні втрати цукру при зберіганні буряків, % до ваги буряків.

Добові втрати цукру приймаються по нормативам, прийнятими в даній країні.

Для прикладу візьмемо одну з норм добових втрат цукру що дорівнює 0,05% до ваги буряків.

**Приклад розрахунку:** при плановій заготовці буряків 600 000 т на сезон і плановій добовій переробці 6 000 тонн за добу  $z_1$  буде дорівнювати:  $z_1 = 600\,000 / 6\,000 = 100$  діб.

При зміні якості буряків добова переробка знижується, наприклад з метою зменшення втрат цукру в жомі. Припустимо, що це зниження становило 10%.

Тоді добова переробка буде 5 400 тонн за добу.

Термін часу переробки буряків збільшиться:  $z_2 = 600\,000 / 5\,400 = 111,0$  діб

При цьому зміна втрат цукру при зберіганні досягне:

$Cx_n = 1/2 (111,0 - 100,0) \cdot 0,05 = 0,28$  % до ваги буряків.

### ВИТРАТА ПАЛИВА

При наявних відборах пари з випарювальної установки визначаємо для даної теплової схеми заводу зміну витрати пари при зміні відкачки на 1% до ваги буряків. Для технологічних схем, споживаючих 45-50 % пари до ваги буряків, зміна витрати пари при зміні відкачки на 1% в середньому складає 0,40 кг/кг.

Для технологічних схем, споживаючих 35-40% пари до ваги буряків, зміна витрати пари при зміні відкачки на 1% в середньому складає 0,35 кг/кг.

Для конкретного заводу по методиці [2] розраховується питома витрата пари і співвідноситься до різниці між регламентною відкачкою соку і середньодобовою величиною на заводі.

$$\Delta_t = [(\delta\alpha_{от} \cdot 0,35) / k_t \cdot 100] \cdot M_{св} \quad (6)$$

де:  $\Delta_t$  – різниця споживання палива для переробки буряків, заготовлених на сезон;

$\delta\alpha_{от}$  – різниця в відкачці дифузійного соку, % до ваги буряків;

0,40 – зміна споживання пари в відношенні до зміни відкачки соку на 1 %;

$k_t$  – фактор перерахунку пари на паливо, наприклад,  $k_t = 2,5$ ;

$M_{св}$  – кількість буряків для переробки, тонн.

**Приклад.** Регламентне значення відкачки соку 120% до ваги буряків.

При зниженні добової переробки буряків з 6 000 до 5 400 відкачка соку буде 133,3%.

Зміна споживання умовного палива буде:

$$\Delta_t = [(120 - 133,3) \cdot 0,40 / 2,5 \cdot 100] \cdot 600\,000 = -12\,768,0 \text{ тонн умовного палива.}$$

Знак (-) показує, що має місце перевитрата пари відносно нормативної витрати.

В залежності від виду палива, визначається його оптова ціна та затрати по паливу.

Знижуючи добову переробку буряків, наприклад для зниження вмісту цукру в жомі, ми отримуємо економічну оцінку витрат по паливу.

### Список використаних джерел:

1. Кравчук А.Ф., Кухар В.Н. Автоматизированные системы управления в энергосберегающих технологиях: потери и приобретения. / Сахар. – 2007. – №6. – С – 31-35.

2. Методики нормування ПЕР у цукровій промисловості. / К : «Цукор України», 2004. – 114 с.

Рецензент: С.М. Василенко, д.т.н., проф.