

В.М.Сідлецький

V. Sidletskiy

І.В.Ельперін, канд.техн.наук

I. Elperin

**ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ В СИСТЕМІ
УПРАВЛІННЯ ДИФУЗІЙНОЇ СТАНЦІЇ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ
CHOICE OF THE OPTIMUM PRODUCTIVITY IS IN CONTROL OF
THE DIFFUSIVE STATION OF SUGAR REFINERY**

В статті розглядається методика вибору оптимальної продуктивності цукрового заводу в системі управління дифузійною станцією для оптимізації загальних втрат цукру під час зберігання та переробки сировини.

***Ключові слова:** система управління, прийняття рішень, теорія гри, управління запасами*

In the article the method of choice of the optimum productivity of sugar factory in the control the diffusive station system for optimization of general losses of sugar during storage and processing of raw material.

***Key words:** control, decision-making system, theory of game, control of inventories*

Цукрове виробництво характеризується: сезонністю роботи, період якої припадає на початок вересня і продовжується до середини грудня, а на деяких заводах, при великих зонах вирощування цукрових буряків, цей період може бути більш тривалим. Сезонність виробництва та залежність втрат сировини від умов її зберігання повинна вносити певні корективи у процес переробки цукрового буряка. Впершу чергу це

стосується внесення змін у технологічні режими для кожного відділення цукрового заводу. Дифузійна станція (відділення сокодобування) знаходиться на одній із перших стадій у процесі цукрового виробництва, тому темп, ритмічність та якість роботи заводу в цілому залежить від роботи дифузійного відділення.

Одним із показників оцінки роботи цукрового заводу є втрати цукру, які складаються з декількох складових, що характеризують втрати при зберіганні сировини та втрати при її переробці. Як правило ці втрати розглядаються незалежно.

Процес отримання соку дифузійним способом полягає в протипотоковій обробці нарізаної стружки цукрового буряка гарячою водою. Під час цього процесу цукроза та частина розчинених нецукрів поступово переходить у воду, в результаті чого вміст їх в стружці знижується, а в воді збільшується. Процес дифузії описується законом Фіка:

$$S = D F \frac{C - c}{x} z \quad (1)$$

Де: S – кількість продифундованої речовини; D – коефіцієнт пропорційності; F – площа слою дифузії; c – різниця концентрацій; z – тривалість процесу дифузії.

Управління роботою дифузійною станцією проводять згідно технологічного регламенту який розробляється для визначених значень якості сировини і в якому визначають припустимі втрати у процесі її переробки (вміст цукру в жомі) та показники якості дифузійного соку.

Втрати цукру при зберіганні залежать від якості сировини, що надходить до цукрового заводу (пошкодження, загнивання, підмороження) та від способу та умов зберігання (температура, вологість, % сонячних днів):

$$C_1 = \sum_1^m \left(\sum_{i=1}^{\tau_j} [(c_\eta(t_i) + c_w(t_i)) \times (100 - c_\eta(t_i))] \times \frac{S_{ji}}{P} \right) \quad (2)$$

Де – C_1 загальні втрати цукру при зберіганні, $c_\eta(t_i)$ – втрати цукру в залежності від температури і днів зберігання (i), $c_w(t_i)$ – втрати маси в залежності від температури і днів зберігання (i), τ_j – час зберігання для j партії, S_{ji} – кількість сировини j партії яка надійшла в i день, P – продуктивність при якій переробляється сировина.

Мінімізація загальних втрат, як суми окремих незалежних складових, не завжди приносить бажаний результат. Це можна пояснити таким прикладом. Несприятливі погодні умови призвели до суттєвого збільшення втрат цукру у буряку який перебуває на кагатних полях. Можна збільшити темп переробки буряку, але це призведе до збільшення вмісту цукру в жомі, тобто до збільшення втрат під час переробки. При деяких умовах доцільно прийняти рішення на зміну технологічних режимів, які призведуть до ненормованих втрат цукру в жомі, якщо загальні втрати цукру будуть меншими.

Крім того, доцільно враховувати зміни фізико-хімічних властивостей сировини під час її зберігання для корегування інших технологічних режимів: температури, часу перебування в апаратах, дотримання матеріального балансу і т.інше.

Тобто необхідно за рахунок зміни продуктивності мінімізувати загальні втрати при переробці та зберіганні.

Втрати цукру під час зберігання залежать від якості та терміну зберігання сировини. Тому для зменшення втрат під час зберігання, цукровий буряк, який надходить на кагатне поле, розділяється на партії в залежності від показників якості та передається на переробку з врахуванням їх значень. На рис.1 для різних партій сировини j суцільною лінією показано термін її зберігання, а пунктирною - термін її переробки.

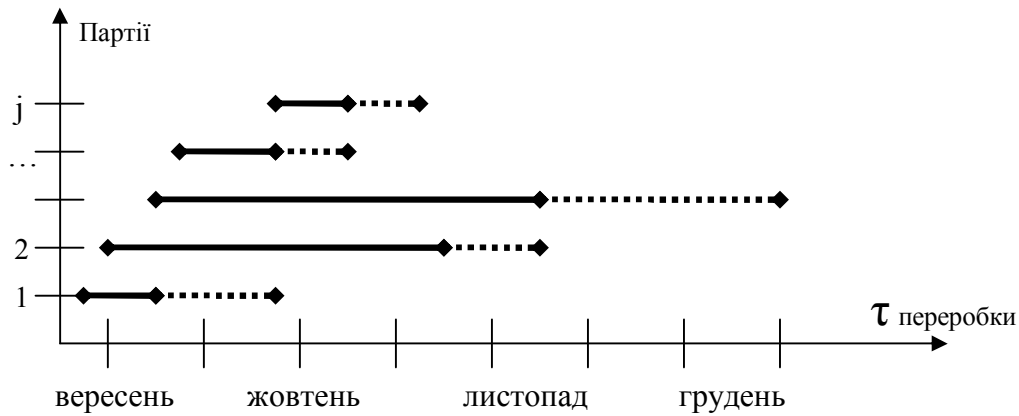


Рис. 1. Терміни зберігання та переробки сировини

Таким чином загальні втрати цукру залежать не тільки від терміну зберігання зберігання партії, а й від послідовності k в якій вони переробляються.

Тоді всі можливо розглянути різні варіанти переробки K :

$$K = \{k_1, k_2, \dots, k_k\}, \quad (3)$$

В свою чергу, втрати цукру при зберіганні можна виразити як їх залежність від продуктивності та варіанту переробки:

$$C_1 = f_1(K, P) \quad (4)$$

Для зміни продуктивності в процесі отримання дифузійного соку необхідно або змінити швидкість транспортуючих органів v (для зміни швидкості проходження продукту через апарат), або (та) змінити геометричні розміри стружки d , що покращує проходження стружки в апараті та зменшує навантаження на електропривод:

$$P = f_1(v, d) \quad (5)$$

Але зміна продуктивності дифузійного апарату змінює час перебування стружки в апараті і приводить до змін у процесі висолодження цукру з цукрового буряка, що в свою чергу обумовлює зміну вмісту цукру в жомі, тобто до зміни втрат (1).

Тому при зміні продуктивності необхідно знайти оптимальне значення між продуктивністю та втратами цукру в процесі переробки буряка:

$$\begin{cases} P = f_1(v, d) \\ C_2 = f_2(v, d) \end{cases} \quad P \rightarrow \max, C_2 \rightarrow \min \quad (6)$$

Як слідує з зазначеного вище, зменшуючи втрати цукру під час переробки за рахунок збільшення часу перебування стружки в дифузійному апараті ми зменшуємо продуктивність. Це в свою чергу приводить до збільшення терміну зберігання буряка і пов'язаних з цим втрат. Але і зміна терміну зберігання сировини або послідовності її переробки, в свою чергу, змінює показники якості сировини, що йде на переробку, і також впливає на величину втрат, але вже під час переробки:

$$\begin{cases} C_1 = f_1(K, P) \\ C_2 = f_2(K, P) \end{cases} \quad C_1 \rightarrow \min, C_2 \rightarrow \min \quad (7)$$

Для знаходження оптимальних значень розглядаємо кожен залежність (6,7) як неантагоністичну некоаліційну гру.

$$G = (N, \{X_i\}_{i \in N}, \{H_i\}_{i \in N}) \quad (8)$$

В якій $N = \{1, 2, \dots, n\}$ – множина гравців, X_i – множина стратегій гравця i , H_i – функція виграшу гравця i .

Приймаємо процес переробки як гру G_1 в якій два гравця.

$$G_1 = (X_{11}, X_{12}, H_{11}, H_{12}) \quad (9)$$

Перший відповідає за зміну продуктивності в процесі переробки і для якого множиною стратегій є зміна частоти обертання транспортуючих органів $X_{11} = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$, другий – за втрати в процесі переробки і для якого множиною стратегій є зміна товщини стружки $X_{12} = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$. Функціями виграшу для гравців будуть: $H_{11} = P(v, d)$ і $H_{12} = C_2(v, d)$, відповідно для продуктивності та втрат цукру при переробці. Це неантагоністична некоаліційна гра приймає вигляд біматричної гри:

$$H_{11} = \begin{array}{c|ccccc} & d_1 & \dots & d_i & \dots & d_n \\ \hline v_1 & a_{11} & \dots & a_{i1} & \dots & a_{n1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_j & a_{1j} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{nj} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_m & a_{1m} & \dots & a_{im} & \dots & a_{nm} \end{array} \quad
H_{12} = \begin{array}{c|ccccc} & d_1 & \dots & d_i & \dots & d_n \\ \hline v_1 & \beta_{11} & \dots & \beta_{i1} & \dots & \beta_{n1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_j & \beta_{1j} & \dots & \beta_{ij} & \dots & \beta_{nj} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_m & \beta_{1m} & \dots & \beta_{im} & \dots & \beta_{nm} \end{array} \quad (10)$$

Для другої гри G_2 розглядаємо два процеси, як двох гравців один з яких відповідає за процес зберігання, а другий за процес перероблення сировини.

$$G_2 = (X_{21}, X_{22}, H_{21}, H_{22}) \quad (11)$$

У першого множиною стратегій є послідовність переробки і зберігання сировини - $X_{21} = \{k_1, k_2, \dots, k_m\}$, у другого - множина значень продуктивності в процесі переробки - $X_{22} = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$. Функціями виграшу для кожного з них буде зменшення втрат: втрат в процесі переробки - $H_{21} = C_1(p, k)$ та втрат в процесі зберігання - $H_{22} = C_2(p, k)$. Цю гру також можна представити у вигляді неантагоністичної безкоаліційної гри у біматричному вигляді.

$$H_{21} = \begin{array}{c|ccccc} & p_1 & \dots & p_i & \dots & p_n \\ \hline k_1 & z_{11} & \dots & z_{i1} & \dots & z_{n1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_j & z_{1j} & \dots & z_{ij} & \dots & z_{nj} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_m & z_{1m} & \dots & z_{im} & \dots & z_{nm} \end{array} \quad
H_{22} = \begin{array}{c|ccccc} & p_1 & \dots & p_i & \dots & p_n \\ \hline k_1 & w_{11} & \dots & w_{i1} & \dots & w_{n1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_j & w_{1j} & \dots & w_{ij} & \dots & w_{nj} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ k_m & w_{1m} & \dots & w_{im} & \dots & w_{nm} \end{array} \quad (12)$$

Для гри G_1 ситуацією рівноваги будуть такі значення v та d для яких виконається умова:

$$G_1 = (v, d) \rightarrow \left\{ (v^*, d^*) \left| \begin{array}{l} H_{11}(v, d^*) = \max_{X_{11}} H_{11}(v, d)^* \\ H_{12}(v^*, d) = \min_{X_{12}} H_{12}(v^*, d) \end{array} \right. \right. , \quad (13)$$

Відповідно для гри G_2 , ситуацією рівноваги будуть такі значення p та k для яких виконається умова:

$$G_2 = (p, k) \rightarrow \left\{ (p^*, k^*) \left| \begin{array}{l} H_{21}(p, k^*) = \min_{X_{21}} H_{21}(p, k^*) \\ H_{22}(p^*, k) = \min_{X_{22}} H_{22}(p^*, k) \end{array} \right. \right. \quad (14)$$

При цьому необхідно враховувати, що знайдені оптимальні значення продуктивності в грі G_1 можуть бути неприйнятними для гри G_2 . Тому гра G_1 розглядається для знаходження оптимальних значень v та d для мінімізації втрат цукру при зміні продуктивності в заданому діапазоні, що враховує гру G_2 .

Висновки.

Зміна фізико-хімічних властивостей сировини в процесі зберігання, залежить від багатьох факторів. При цьому деякі з них є некерованими: температура, вологість навколишнього середовища і т.інше. Це приводить до великих втрат цукру в процесі зберігання. При цьому зміна властивостей сировини під час зберігання негативно впливає на процес переробки сировини. Тому вибираючи оптимальну продуктивність можна змінювати втрати цукру під час зберігання та в процесі переробки для досягнення мінімізації загальних втрат і зменшення собівартості продукції.

Література

1. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства. – М.: Колос, 1998. – 465 с.:

2. В.М. Мілінкевич, В.В. Куянов „Технологічна якість цукрових буряків та підвищення ефективності виробництва цукру” К., 2000
3. „Теория игр”, Учеб. пособие для ун-тов:/ Л.А.Петросян, Н.А.Зенкевич, Е.А. Семина. – М.: Высш. шк., Книжный дом „Университет”, 1998. – 304с.: ил.
4. Таха Х.А. „Введение в исследование операций”, 7-е издание.: Пер. с англ. – М.:Издательский дом „Вильямс ”, 2005. – 912 с.

«Надійшла до редколегії 14.03.07»