

## **ВПЛИВ ВІДБОРУ ДИФУЗІЙНОГО СОКУ НА ПРИБУТКОВІСТЬ БУРЯКОЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА**

**Масліков Михайло Олександрович,**  
канд. техн. наук, професор  
Національний університет харчових технологій

**Масліков Максим Михайлович,**  
канд. техн. наук, доцент  
Національний університет харчових технологій

Важливою проблемою бурякоцукрового виробництва є зменшення втрат цукрози. Найвагомішою є втрата під час екстрагування бурякової стружки у дифузійній установці, тобто, та частина цукрози, що залишається у жомі. Вона характеризує ефективність екстракції, впливаючи на вихід товарного цукру і прибутковість його виробництва. Основним засобом зменшення зазначеної втрати вважалось додаткове вилучення цукрози внаслідок збільшення відбору дифузійного соку. Але це рішення має негативні наслідки, зокрема:

знижується енергоефективність виробництва цукру, бо зменшення концентрації сухих речовин і збільшення витрати дифузійного соку підвищують потреби в енергії на його перекачування, нагрівання та концентрування;

разом з цукрозою додатково вилучаються нецукристі речовини, що збільшує видатки на очищення продуктів виробництва, погіршує кристалізацію цукрози і сприяє переходу цукрози у мелясу.

Отже, існує оптимальне значення відбору дифузійного соку і відповідна величина втрати цукрози у жомі, визначення яких дозволяє забезпечити виробництво цукру з максимальною прибутковістю.

Світова тенденція підвищення ефективності екстракції бурякоцукрового виробництва полягає у експлуатації дифузійних апаратів за низьких відборів дифузійного соку високої чистоти [1]. Це досягається збільшенням часу екстракції, глибоким пресуванням жому і використанням для екстракції жомопресованої води. Це дозволяє вилучити до 98% вмісту цукрози та зменшує споживання енергії.

Аналіз роботи заводів Schweizer Zucker AG у Фрауенфельді і Аарбергу з 2000 до 2014 року [2], де експлуатуються дифузійні апарати ВМА, показав, що після встановлення апаратів з вищими колонами, де час перебування стружки довший, відбір соку зменшився з 109–110 % до 102 %, а втрати цукрози у жомі – з 0,36–0,43 % до 0,28 %. При цьому збільшився вихід цукру і зменшилося споживання енергії з 1132 до 1043 кВт·год/т цукру.

Втрати цукрози у жомі залежно від величини відбору дифузійного соку розраховують, користуючись відомим рівнянням, яке отримане вченими ВНДЦП [3] на основі універсального рівняння процесу дифузії.

Важливо знати, як розподіляється додатково екстрагована цукроза між білим цукром і мелясою, бо це впливає на техніко-економічні показники виробництва. Ф.Т. Тешнер [4], узагальнивши дослідні дані цього розподілу, отримав рівняння для розрахунку вмісту цукрози у мелясі залежно від ступеня висолоджування.

У роботі [5] наведені залежності для оцінювання виробничих показників роботи цукрового виробництва за зміни відбору дифузійного соку. За їх допомогою визначені показники виробництва при зміні цього показника від 120 % до 135 % і наведені графіки впливу відбору на додаткову економію при зменшенні втрат цукрози у жомі.

Автори [6] запропонували оптимізаційну математичну модель для прогнозування роботи колонного дифузійного апарата у стаціонарному режимі. Модель визначає оптимальні значення втрати цукрози в жомі та властивостей дифузійного соку. Параметрами, що регулюються, є: відбір соку, час перебування чи довжина колони. Цільовою функцією, що мінімізується, є сумарні видатки на екстракцію, які включають вартості: колони; цукру, втраченого з жомом; пари для випарювання води з соку.

Автори [7] для комплексної кількісної оцінки різних типів дифузійних установок використали техніко-економічне моделювання процесів. За цільову функцію вони вибрали видатки виробництва, пов'язані з втратами цукрози у жомі, з мелясою, з витратою теплоти на дифузійний апарат, підігрівання соку до випарної установки, випарювання соку на випарній установці, з витратою вапнякового молока на очищення дифузійного соку, а також з витратою електроенергії на роботу основного обладнання і перекачування соку.

Втрати цукрози у жомі залежать від інтенсивності масообміну між буряковою стружкою і екстрагентом. Автори [8] доводять, що точніше описує цей процес механізм масообміну у системах з твердою фазою (утруднена дифузія), обґрунтовуючи використання для розрахунку втрат коефіцієнта масопровідності  $km$ .

У роботі [9] запропоновано визначати ефективність роботи дифузійної установки у залежності не тільки від інтенсивності теплових, гідродинамічних та хімічних процесів, що відбуваються під час екстракції, а й від техніко-економічних показників. У продовження цієї роботи була розроблена модель і комп'ютерна програма «Провід» [10], яка дозволяє розраховувати значення оптимального відбору дифузійного соку і додаткову економію при переході на роботу з цим відбором.

Оскільки отримані нові дані про механізм екстракції у дифузійних апаратах, модель процесу потребує розвитку і уточнення.

Мета дослідження: розробити модель екстракції у дифузійних апаратах та програму розрахунку оптимального коефіцієнта відбору дифузійного соку і втрати цукрози у жомі, що забезпечують максимальну прибутковість за різних інтенсивностей теплових, гідродинамічних і хімічних процесів, ринкових цін на продукцію цукрового виробництва, енергоносії та вапняковий камінь.

Матеріали та методи. Об'єктом дослідження є дифузійна установка бурякоцукрового виробництва. Встановлено чинники, що впливають на втрати

цукрози в жомі та відбір соку, та отримано залежності для їх розрахунку. Створено математичну модель об'єкта і програму розрахунку оптимального значення відбору дифузійного соку і втрати цукрози у жомі для різних умов виробництва.

Результати дослідження. Для визначення оптимального відбору дифузійного соку необхідно знати розподіл додатково вилученої цукрози між білим цукром і мелясою та оцінити ефективність зміни величини відбору з урахуванням отриманого розподілу цукрози і додаткової витрати палива на нагрівання і випаровування продуктів.

Для визначення кількості додатково вилученої цукрози, що перейшла у мелясу, скористаємося рекомендацією [5]:

$$\Delta CX_M(\alpha_{дс1}) = \left\{ [ДГ - X_{бд} - X_1(\alpha_{дс1})] \cdot \frac{1 - \chi_{21}(\alpha_{дс1})}{\chi_{21}(\alpha_{дс1})} - (ДГ - X_{бд} - X_0) \cdot \frac{1 - \chi_{21}}{\chi_{21}} \right\} \cdot \frac{\chi_M}{1 - \chi_M}, \quad (1)$$

де ДГ – вміст цукрози у буряковій стружці, %;  $X_{бд}$  – втрати цукрози у виробництві після дифузійної установки до меляси, %;  $X_1(\alpha_{дс1})$  – величина втрат цукрози в жомі за зміни коефіцієнта відбору дифузійного соку, %;  $\chi_M, \chi_{21}(\alpha_{дс})$  – чистота, відповідно, меляси і соку 2-ї сатурації при висолоджуванні бурякової стружки до втрат  $X_1$  після зміни коефіцієнта відбору до  $\alpha_{дс1}$ , %:

$$\chi_{21}(\alpha_{дс1}) = \frac{\chi_{2сф} + X_0 - X_1(\alpha_{дс1})}{\chi_{2сф} + \frac{(X_0 - X_1(\alpha_{дс1}))^2}{f(\alpha_{дс1})}} \quad (2)$$

де  $\chi_{2сф}$  – вміст цукрози у соці 2-ї сатурації за втрат  $X_0$  тобто, до зміни коефіцієнта відбору до  $\alpha_{дс1}$ , %;  $f(\alpha_{дс1})$  – інтеграл Тешнера [4], що дозволяє визначати середню чистоту соку 2-ї сатурації, отриманого з дифузійного соку під час висолоджування стружки у діапазоні втрат  $X_0 \dots X_1$ :

$$f(\alpha_{дс1}) = -0,492 [X_0^5 - X_1(\alpha_{дс1})^5] + 4,45 [X_0^4 - X_1(\alpha_{дс1})^4] - 16,233 [X_0^3 - X_1(\alpha_{дс1})^3] + 31,85 [X_0^2 - X_1(\alpha_{дс1})^2] + 54,3 [X_0 - X_1(\alpha_{дс1})]. \quad (3)$$

Втрати цукрози у жомі за зміни величини відбору дифузійного соку пропонуємо визначати за рівнянням, отриманим нами на базі перетвореного універсального рівняння процесу дифузії [3]. Новизна рівняння полягає у врахуванні уточнених даних щодо масопровідності під час екстракції цукрози з бурякової стружки [8] та впливу на інтенсивність процесу додаткових чинників: чистоти клітинного соку; структури стружки; нелінійності масовіддачі від довжини ста грамів бурякової стружки; тривалості екстракції. Рівняння враховує також пресування жому та повернення у дифузійний апарат для екстракції потрібної кількості жомопресової води:

$$X_1(\alpha_{дс1}) = \frac{19 \cdot \left[ 1 - \frac{n_{ж} \cdot k_{жв} \cdot m_{жв}}{(m_{жв} + m_{ж}) \cdot \beta_0} \right] \cdot ДГ^2 \cdot (\alpha_{дс1} - \beta_0)}{(\alpha_{дс1} - n_{ж} \cdot k_{жв} \cdot m_{жв} \cdot \beta_0) \cdot e^{\frac{35,5 \cdot \varphi \cdot k_M \cdot t_{диф}}{R^2 \cdot \alpha_{дс1} \cdot t_{диф} - \beta_0 + n_{ж} \cdot k_{жв} \cdot m_{жв} \cdot \beta_0}}}, \quad (4)$$

де  $n_{ж}$  – ознака пресування жому;  $m_{ж}$  – вихід жому, %;

$$m_{ж} = \frac{m_m + X_0 + a_d \cdot \text{НЦ}_{\text{НС}}}{b_{ж1}}, \quad (5)$$

$a_d$  – кількість нецукрів, що залишилася у жомі, % від вмісту розчинних нецукрів;  
 $\text{НЦ}_{\text{НС}}$  – вміст розчинних нецукрів у нормальному соці, %:

$$\text{НЦ}_{\text{НС}} = \frac{(\text{Дг} - X_0 - X_{01}) \cdot (1 - \text{Ч}_{\text{ДС}})}{(1 - a_d) \cdot \text{Ч}_{\text{ДС}}}, \quad (6)$$

$k_{жв}$  – частина жомопресової води, що повертається у дифузійний апарат;  $m_{жв}$  – вихід жомопресової води, %:

$$m_{жв} = \frac{m_{ж} \cdot (b_{ж1} - b_{ж})}{b_{ж1}}, \quad (7)$$

де  $b_{ж}$ ,  $b_{ж1}$  – концентрація сухих речовин у жомі, відповідно, до і після пресування, %;  $\beta_0$  – вміст соку в буряках, %;  $\varphi$  – коефіцієнт використання дифузійного потоку;  $k_m$  – коефіцієнт масопровідності (утрудненої дифузії) в системах з твердою фазою [8],  $\text{м}^2/\text{с}$ :

$$k_m = D_t \cdot \varepsilon_{\text{ч}} \cdot \varepsilon_{\text{с}} \cdot \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_t, \quad (8)$$

де  $D_t$  – коефіцієнт дифузії,  $\text{м}^2/\text{с}$ :

$$D_t = e^{3,13\text{Дг} - 15,411 - \frac{1985,2 + 15,354 \cdot \text{Дг}}{T_{\text{диф}}}}, \quad (9)$$

$T_{\text{диф}}$  – температура, за якої визначається коефіцієнт дифузії:

$$T_{\text{диф}} = t_{\text{диф}} + 273,1^\circ\text{C} \quad (10)$$

$\varepsilon_{\text{ч}}$  – поправка на чистоту клітинного соку:

$$\varepsilon_{\text{ч}} = \text{Ч}_{\text{ДС}}^{0,0422 \cdot \text{Дг}}, \quad (11)$$

де  $\text{Ч}_{\text{ДС}}$  – чистота дифузійного соку;

$\varepsilon_{\text{с}}$  – поправка, що характеризує структуру стружки, на яку впливають сорт і стиглість буряка, якість роботи ошпарювача тощо,  $\varepsilon_{\text{с}} = 0,75$ ;

$\varepsilon_l$  – поправка на нелінійність залежності масовіддачі від довжини  $l$  ста грамів бурякової стружки:

$$\varepsilon_l = \sqrt{2,3 - 1,3 \cdot \log l}; \quad (12)$$

$\varepsilon_t$  – поправка на тривалість процесу екстракції:

$$\varepsilon_t = 1 - b(\ln \tau_0 - 1), \quad (13)$$

де  $b$  – коефіцієнт, що враховує якість буряку, конструктивні особливості і режим роботи дифузійної установки, для орієнтовних підрахунків  $b = 0,0916$ ;  $\tau_0$  – час екстрагування,  $\tau_0 = 3600$  с.

Кількість цукрози, висолодженої зі стружки додатково, %:

$$\Delta X_1(\alpha_{\text{ДС1}}) = X_0 - X_1(\alpha_{\text{ДС1}}). \quad (14)$$

Додаткова кількість цукрози, що перейшла у білий цукор, %:

$$\Delta \text{СХ}_{\text{бц}}(\alpha_{\text{ДС1}}) = \Delta X_1(\alpha_{\text{ДС1}}) - \Delta \text{СХ}_{\text{м}}(\alpha_{\text{ДС1}}). \quad (15)$$

Економічна оцінка впливу зміни відбору, грн. [9]:

$$\text{Ек}(\alpha_{\text{ДС1}}) = [\Delta \text{Ц}_{\text{т}}(\alpha_{\text{ДС1}}) \cdot \text{Ц}_{\text{бц}} + \Delta \text{М}_{\text{т}}(\alpha_{\text{ДС1}}) \cdot \text{Ц}_{\text{м}} + \Delta \text{Ж}_{\text{т}}(\alpha_{\text{ДС1}}) \cdot \text{Ц}_{\text{ж}}] - [\Delta \alpha_{\text{пу}}(\alpha_{\text{ДС1}}) \cdot \text{Ц}_{\text{уп}} + \Delta \alpha_{\text{п.вв}}(\alpha_{\text{ДС1}}) \cdot \text{Ц}_{\text{пв}} + \Delta \text{ВК}(\alpha_{\text{ДС1}}) \cdot \text{Ц}_{\text{вк}}], \quad (16)$$

де  $\Delta \text{Ц}_{\text{т}}(\alpha)$ ,  $\Delta \text{М}_{\text{т}}(\alpha)$ ,  $\Delta \text{Ж}_{\text{т}}(\alpha)$  – зміни виходу, відповідно, товарного цукру, товарної меляси, жому;  $\Delta \alpha_{\text{пу}}(\alpha)$ ,  $\Delta \alpha_{\text{п.вв}}(\alpha)$ ,  $\Delta \text{ВК}(\alpha)$  – зміни витрат, відповідно, умовного палива, вапняку, палива для випалювання вапняку;  $\text{Ц}_{\text{бц}}$ ,  $\text{Ц}_{\text{м}}$ ,  $\text{Ц}_{\text{ж}}$ ,  $\text{Ц}_{\text{пу}}$ ,  $\text{Ц}_{\text{п.вв}}$ ,  $\text{Ц}_{\text{вк}}$  –

ціни, відповідно, товарного цукру, товарної меляси, жому, умовного палива, палива для випалювання вапнякового каменю, вапняку.

Вміст сухих речовин у сульфітованому соці, отриманий за додаткового відбору, %:

$$\Delta CP_{cf}(\alpha_{dc1}) = \frac{(\Delta X_1(\alpha_{dc1}))^2}{f(\alpha_{dc1})}. \quad (17)$$

Додаткова витрата соку, що надходить на ВУ, %:

$$\Delta \alpha_{cf} = \Delta \alpha_{dc}(\alpha_{dc1}) = \alpha_{dc1} - \alpha_{dc}. \quad (18)$$

Додаткова витрата вапна, необхідного на очищення соку, %:

$$\Delta CaO(\alpha_{dc1}) = \frac{B \cdot C_B \cdot \Delta \alpha_{dc}(\alpha_{dc1})}{B - C_B}, \quad (19)$$

де  $B, C_B$  – масовий вміст  $CaO$ , відповідно, у вапняковому молоці і у дефекованому соці, %.

Додаткова витрата води, що надходить у сік з вапняним молоком, %:

$$\Delta V_{BM}(\alpha_{dc1}) = \frac{\rho_{BM} \cdot r}{r} \cdot \Delta CaO(\alpha_{dc1}). \quad (20)$$

де  $r$  – вміст  $CaO$  у вапняковому молоці, кг/л.

Витрата пари, необхідної для випаровування додаткової кількості води, %:

$$\Delta \alpha_{п}(\alpha_{dc1}) = \left[ \Delta \alpha_{cf}(\alpha_{dc1}) \left( 1 - \frac{\Delta CP_{cf}(\alpha_{dc1})}{CP_{y1}} \right) + \Delta V_{BM}(\alpha_{dc1}) \right] \cdot K_{vy}, \quad (21)$$

де  $K_{vy}$  – коефіцієнт кратності випаровування у випарній установці.

Додаткова витрата палива, %:

$$\Delta \alpha_{пу}(\alpha_{dc1}) = \frac{r_{п} \cdot \Delta \alpha_{п}(\alpha_{dc1})}{\eta_{ку} \cdot Q_{ку}}. \quad (22)$$

Додатковий вихід товарної меляси, %:

$$\Delta M_T(\alpha_{dc1}) = \{ \Delta CX_M(\alpha_{dc1}) + \Delta CX_{cf}(\alpha_{dc1}) - [X_0 - X_1(\alpha_{dc1})] \} / CP_{MT}. \quad (23)$$

де  $CP_{MT}$  – вміст сухих речовин у товарній мелясі, %.

Додатковий вихід товарного цукру, %:

$$\Delta Ц_T(\alpha_{dc1}) = \Delta CX_{бц}(\alpha_{dc1}) / CX_{бц}, \quad (24)$$

де  $CX_{бц}$  – вміст цукрози у білому цукрі, %.

Додаткова витрата вапняку та палива на його випалювання, %:

$$\Delta BK(\alpha_{dc1}) = K_{BK} \cdot \Delta CaO(\alpha_{dc1}). \quad (25)$$

$$\Delta \alpha_{п.вв}(\alpha_{dc1}) = K_{п.вв} \cdot \Delta BK(\alpha_{dc1}). \quad (26)$$

де  $K_{BK}$  – коефіцієнт перерахунку вапна у вапняк;  $K_{п.вв}$  – питома витрата умовного палива на випалювання вапняку %.

Додатковий вихід товарного жому, %:

$$\Delta Ж_T(\alpha_{dc1}) = \frac{(\Delta X_1(\alpha_{dc1}))^2}{CP_{жт} \cdot f_2(\alpha_{dc1})}, \quad (27)$$

де  $\int_2(\alpha_{dc1})$  – інтеграл Тешнера [4]:

$$\int_2(\alpha_{dc1}) = \left\{ -0,428 \left[ X_0^5 - X_1(\alpha_{dc1})^5 \right] + 4,0375 \left[ X_0^4 - X_1(\alpha_{dc1})^4 \right] - 15,5 \left[ X_0^3 - X_1(\alpha_{dc1})^3 \right] + 32,0 \left[ X_0^2 - X_1(\alpha_{dc1})^2 \right] + 48,2 \left[ X_0 - X_1(\alpha_{dc1}) \right] \right\}. \quad (28)$$

Додаткова кількість нецукрів, що переходять в дифузійний сік, %:

$$\Delta HC_{dc}(\alpha_{dc1}) = \frac{(\Delta X_1(\alpha_{dc1}))^2}{f_2(\alpha_{dc1})} - \Delta X_1(\alpha_{dc1}). \quad (29)$$

З використанням наведених вище залежностей розроблена і реалізована у системі символічної математики MathCAD комп'ютерна модель. Вона дозволяє визначити оптимальний відбір дифузійного соку і відповідну втрату цукрози у жомі залежно від інтенсивності теплових, гідродинамічних і хімічних процесів, що відбуваються під час процесу дифузії, а також від вартості продукції (цукру, жому і меляси), палива для ТЕЦ, вапняку та палива для його випалювання.

За критерій оптимізації взята величина  $\Delta\Pi(\alpha_{dc1})$ , яка відповідає очікуваній зміні прибутку при переході на оптимальний режим роботи. Позначивши добуток у квадратних дужках виразу (16) відповідними прибутками від збуту продукції та найсуттєвішими видатками після переходу на режим роботи з оптимальним відбором дифузійного соку, отримаємо:

$$\Delta\Pi(\alpha_{dc1}) = \sum \Delta\Pi_i - \sum \Delta B = [\Delta\Pi_{ц}(\alpha_{dc1}) + \Delta\Pi_{м}(\alpha_{dc1}) + \Delta\Pi_{ж}(\alpha_{dc1})] - [\Delta B_{уп}(\alpha_{dc1}) + \Delta B_{пв}(\alpha_{dc1}) + \Delta B(\alpha_{dc1})]. \quad (30)$$

Нижче наведені результати розрахунку за таких значень показників виробництва:  $D_{г}=17,2\%$ ; дифузійна установка коритного типу;  $\epsilon$  пресування жому ( $b_{ж}=6,5\%$ ;  $b_{ж1}=26\%$ ) і повернення жомопресової води у дифузійний апарат;  $\alpha_{dc}=1,25$ ;  $X_0=0,26\%$ ;  $X_{01}=0,14\%$ ;  $\text{Ч}_{dc}=86,9\%$ . Ціни відповідають таким, що склалися на ринку у 2021 році.

Збільшення коефіцієнта відбору  $\alpha_{dc1}$  (рис. 1) сприяє зменшенню втрат цукрози у жомі  $X_1$  і екстракції додаткової кількості цукрози  $\Delta X$ . За результатами розрахунку надходження цукрози у мелясу  $\Delta SX_m$  збільшується, а у білий цукор  $\Delta SX_{бц}$  – збільшується лише до  $\alpha_{dc1}=1,3$ , а далі – перехід цукрози продовжується лише у мелясу.

Зі збільшенням коефіцієнту відбору дифузійного соку  $\alpha_{dc1}$  відбувається додатковий вихід меляси, а також додаткова витрата палива для парових котлів, вапняку і палива для його випалювання (рис. 2). Зміна додаткового виходу товарного цукру відповідає динаміці переходу додаткової кількості цукрози у білий цукор (рис. 1).

На рис. 3 наведена залежність очікуваної зміни прибутку виробництва цукру  $\Delta\Pi$  та його основних складових від коефіцієнта відбору дифузійного соку. Максимум функції  $\Delta\Pi(\alpha_{dc1})$  відповідає коефіцієнту відбору  $\alpha_{dc1} = 1,10$  і втратам цукрози в жомі  $X_1 = 0,707\%$  (рис. 1), які для прийнятого режиму роботи є оптимальними. За даних умов очікувана зміна прибутку становить 48 грн/т буряку.

Модель дозволяє прогнозувати прибутковість виробництва цукру за зміни показників виробництва, що на них впливають, а також ринкових цін на вироблену продукцію, вапняк та енергоносії. У таблиці 1 наведені розрахункові значення оптимального коефіцієнту відбору для прийнятих вище показників виробництва і зміни цін на білий цукор і природний газ.

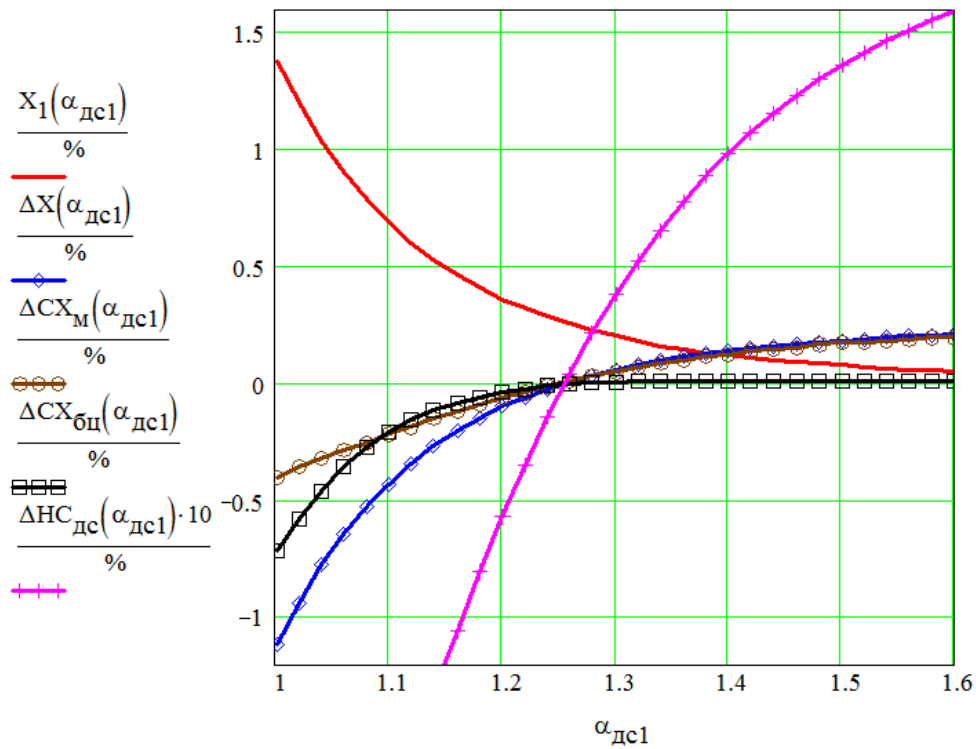


Рисунок 1. Залежність основних показників екстракції та додаткової кількості цукрози, що перейшла у мелясу і у білий цукор, від коефіцієнту відбору дифузійного соку.

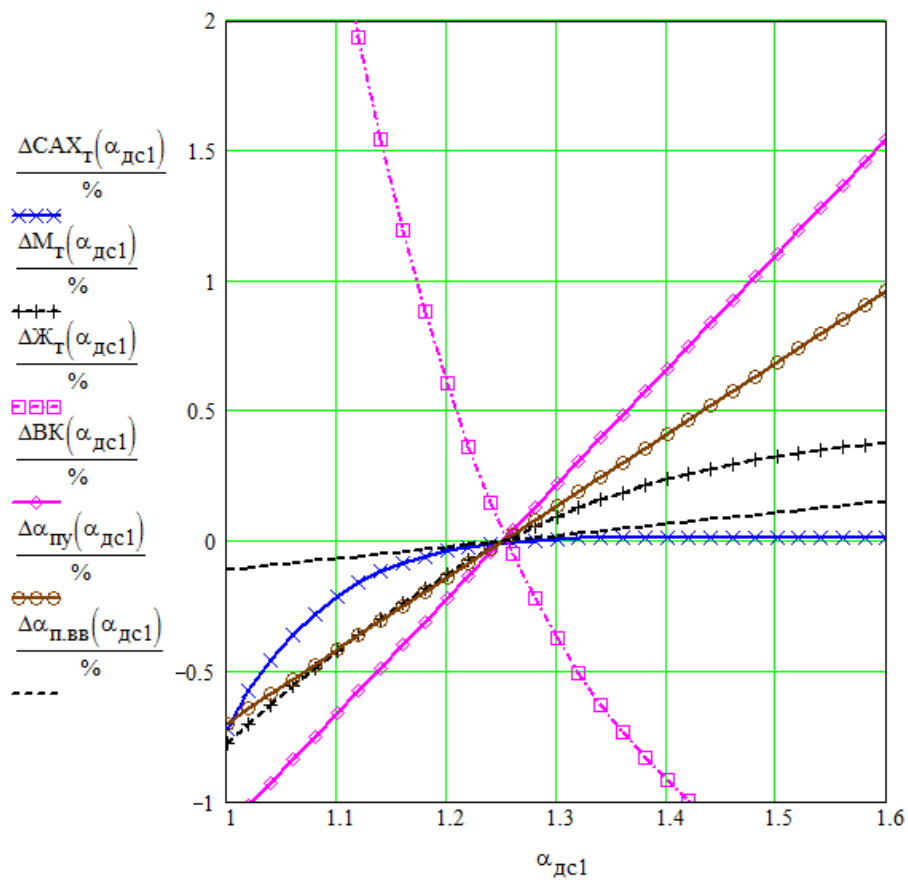


Рисунок 2. Вплив коефіцієнту відбору дифузійного соку на зміну виходу продуктів виробництва і додаткову витрату палива та вапняку.

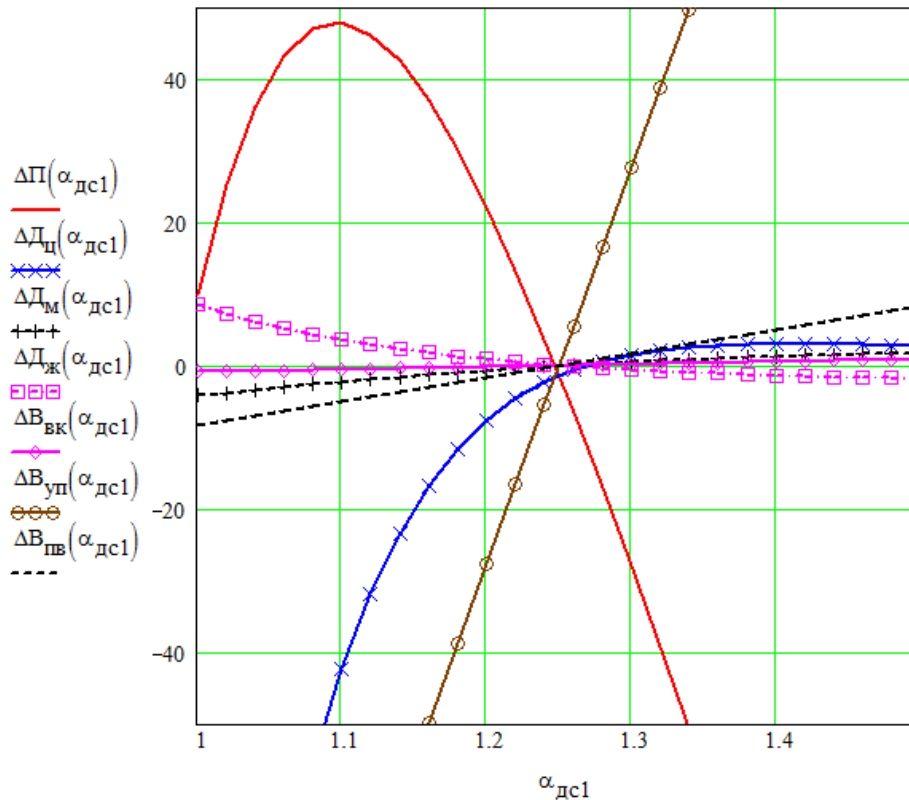


Рисунок 3. Залежність очікуваної зміни прибутку виробництва цукру, його основних статей доходу і видатків, грн./т буряку, від коефіцієнта відбору дифузійного соку.

Модель дозволяє прогнозувати прибутковість виробництва цукру за зміни показників виробництва, що на них впливають, а також ринкових цін на вироблену продукцію, вапняк та енергоносії. У таблиці 1 наведені розрахункові значення оптимального коефіцієнту відбору для прийнятих вище показників виробництва і зміни цін на білий цукор і природний газ.

Таблиця 1.

Оптимальні значення коефіцієнту відбору дифузійного соку, кг дифузійного соку/кг буряку, за різних цін на природний газ і цукор

Ціна цукру, грн./т	Ціна природного газу, грн./тис. м <sup>3</sup>								
	10000	12500	15000	17500	20000	22500	25000	27500	30000
10000	1,09	1,07	1,05	1,04	1,02	1,01	–	–	–
12500	1,11	1,09	1,07	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00
15000	1,13	1,11	1,09	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03
17500	1,14	1,12	1,11	1,10	1,08	1,07	1,06	1,05	1,04
20000	1,15	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08	1,07	1,06
22500	1,16	1,14	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08	1,07
25000	1,17	1,15	1,14	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08
27500	1,18	1,16	1,15	1,14	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09
30000	1,18	1,17	1,16	1,14	1,13	1,12	1,11	1,11	1,10

Для тих же умов виробництва очікувана зміна прибутку для прийнятих цін на цукор і природний газ наведена у таблиці 2.

Таблиця 2.

Очікувана зміна прибутку за різних цін на природний газ і цукор

Ціна цукру, грн./т	Ціна природного газу, грн./тис. м <sup>3</sup>								
	10000	12500	15000	17500	20000	22500	25000	27500	30000
10000	28	40	53	67	83	99	117	135	154
12500	22	33	44	57	71	85	101	117	134
15000	18	27	38	49	61	75	89	103	119
17500	15	23	32	43	54	66	79	92	106
20000	12	20	28	38	48	59	71	83	96
22500	10	17	24	33	43	53	64	76	88
25000	8	14	21	29	38	48	58	69	81
27500	6	12	19	26	34	43	53	63	74
30000	5	10	16	23	31	39	48	58	68

Висновки. Розроблена модель дифузійного процесу та програма розрахунку оптимального коефіцієнта відбору дифузійного соку і втрати цукрози у жомі. Новизна моделі полягає у представленні дифузійного процесу між буряковою стружкою і екстрагентом як масопровідності (утрудненої дифузії) у системах з твердою фазою. Такий підхід дозволяє враховувати додатково вплив наступних чинників: чистоту клітинного соку; структуру стружки; нелінійність масовіддачі від довжини ста грамів бурякової стружки; тривалість екстракції; пресування жому та повернення у дифузійний апарат потрібної кількості жомопресової води. За критерій оптимізації прийнято очікувану зміну прибутку виробництва цукру. Ця модель дозволяє прогнозувати прибутковість виробництва цукру з буряка залежно від техніко-економічних умов виробництва і кон'юнктури цін на товари, що впливають на доходи і видатки виробництва.

### Література

1. Schulze T. Low draft extraction towers Energy and loss aspects. / R. Hempelmann // 38th Biennial Meeting of the American Society of Sugar Beet Technologists. Clearwater Beach, Florida, USA 23-27 February 2015. – 2015. – P. 189–192.
2. Schulze T. A look at technological and technical tower extraction trends / T. Schulze, A. Lehnberger, J. Pfauntsch, T. Frankenfeld // Sugar industry / Zuckerindustrie. – 2015. – (12). – P. 748–752.
3. Коваль, Е.Т. Преобразованное универсальное уравнение процесса диффузии / Е.Т. Коваль, А.Я. Загорюлько, Я.Н. Таварткиладзе // Труды ВНИИСП / 1964. – Вып. 12. – С. 71–77.
4. Тешнер Ф.Т. Возможности применения математических методов в сахарной промышленности. // «Libinsmittelindustrie» – 14. –1967.– Н-8.– С. 297-299 и Н-9.– С. 340-342.

5. Ерѐменко, Б.А. Оценка влияния величины откачки диффузионного сока на производственные показатели работы сахарного завода / Б.А. Ерѐменко, К.Ф. Гербут, А.Ф. Кравчук // Цукор України. – № 3. – 2001. – С. 18–20.
6. Sotudeh-Gharebagh R. Modeling and Optimization of the Sugar Extraction Process / H.Shamekhi, N. Mostoufi, H. R. Norouzi // International Journal of Food Engineering.– 2009.– Vol. 5 Iss. 4, Art. 13 <http://www.bepress.com/ijfe/vol5/iss4/art13> – DOI: 10.2202/1556-3758.1398.
7. Валовой Б.Н. Комплексная оценка основных типов диффузионных установок свеклосахарного производства / С.Л. Филатов, С.М. Петров, Н.М. Подгорнова, В.И. Тужилкин // Сахар.–2016. – № 11.– С. 24–31.
8. Сінат-Радченко Д. Є. Про коефіцієнт масопровідності бурякової стружки / М. М. Пушанко, С. М. Василенко, М. О. Масліков // Наукові праці УДУХТ. – 2001. – № 10, Ч. III. – С. 27–28.
9. Гербут К.Ф. Програмний пакет для техніко-економічної оцінки роботи сокодобувного відділення цукрового виробництва / М.О. Масліков, М.О. Прядко, О.Т. Сторожук, Л.М. Хомічак // Експрес-новини: наука, техніка, виробництво. – 1998.– № 1–2.– С. 37–38.
10. Масліков, М.О. Оптимальна відкачка дифузійного соку та її визначення / М.О. Масліков, М.М. Масліков // Наукові праці НУХТ. – 2003. – № 14. – С. 38–39.