

УДК 664.1.055

# ESTIMATION OF THE AVERAGE LAYER DENSITY OF INTERSTITIAL LIQUOR ON POLYDISPERSE SUGAR CRYSTALS IN THE PROCESS OF MASSECUITE CENTRIFUGATION

V. Myronchuk, V. Pidhornyi, B. Kuzmenko  
*National University of Food Technologies*

---

<b>Key words:</b> Centrifugation Crystal Massecuite Polydispersity Interstitial liquor	<b>ABSTRACT</b> The study focuses on the influence of sugar crystal polydispersity in massecuite on the interstitial liquor density that is left on the crystal surface after its separating in the result of centripetal and centrifugal filtering. This layer density determines water quantity required to wash sugar crystals. The study suggests a mathematical relation to calculate the mass of the residual interstitial liquor on the surface of sugar crystals after centrifugation separating of the first runoff from massecuite.
<b>Article history:</b> Received 15.11.2013 Received in revised form 15.02.2014 Accepted 21.02.2014	
<b>Corresponding author:</b> tmipt_xp@ukr.net	

---

## ОЦІНКА СЕРЕДНЬОЇ ТОВЩИНИ ШАРУ МІЖКРИСТАЛЬНОГО РОЗЧИНУ НА ПОЛІДИСПЕРСНИХ КРИСТАЛАХ ЦУКРУ В ПРОЦЕСІ ЦЕНТРИФУГУВАННЯ ЦУКРОВИХ УТФЕЛІВ

В.Г. Мирончук, В.В. Підгорний  
*Національний університет харчових технологій*  
Б.В. Кузьменко  
*Інститут вугільних енерготехнологій НАН України*

Розглянуто вплив полідисперсності кристалів цукру в утфелі на товщину шару міжкристалевого розчину, що залишається на поверхні кристалів після його відділення в процесі відцентрового фільтрування на центрифугах. Від товщини цього шару залежить кількість води необхідної для промивання кристалів цукру. Запропоновані математична залежність для визначення маси залишкового міжкристалевого розчину на поверхні кристалів цукру після відділення від цукрового утфеля першого відтоку на центрифугі.

**Ключові слова:** центрифугування, кристал, утфель, полі дисперсність, міжкристальний

© **Розчин** В.Г. Мирончук, В.В. Підгорний, Б.В. Кузьменко, 2014

**Вступ.** При сучасних масштабах бурякоцукрового виробництва усі технологічні процеси мають бути механізовані і виконуватися безперервним потоковим способом з мінімальними втратами сировинних і енергетичних ресурсів. Центрифугування утфелів — основна завершальна технологічна операція, від якої залежить якість отриманого цукру і втрати його в мелясі. Специфіка технології згущування і кристалізації зберігає доцільність застосування центрифуг періодичної дії для центрифугування утфелю I ступеня кристалізації. Процес центрифугування цукрового утфелю здійснюється в три етапи: відокремлення першого відтоку, міжкристального розчину, від кристалів; промивання кристалічного цукру водою температурою 90–95 °С з відділенням другого відтоку; доведення до стандартної вологості.

В процесі фугування утфелю міжкристальний розчин не видаляється повністю, його частина залишається на поверхні кристалів цукру, покриваючи їх тонким шаром, який видаляється промиванням цукру водою.

**Метою** даної роботи є створення методики розрахунку середньої товщини шару міжкристалевого розчину на кристалах цукру, з врахуванням їх полідисперсності (на основі врахування методик диференціальних функцій розподілу кристалів цукру за їх розмірними характеристиками та різноманітних методик визначення основних показників гранулометричного складу кристалів цукру) та методики проф. Г.М. Знаменського [1].

**Результати досліджень.** Відповідно до Г.М. Знаменського [1] величина середньої товщини залишкового шару міжкристальний розчину на кристалах цукру визначається за формулою, мм:

$$b = \frac{W}{1000 \sum S}, \quad (1)$$

де:  $W$  — кількість залишкового міжкристального розчину в одиниці маси в  $м \cdot 10^{-6}/кг$  цукру ;  $\sum S$  — загальна поверхня в  $м^2$  всіх кристалів цукру в 1 кг цукру, після відділення першого відтоку.

Для величини  $W$  в [1] наводиться наступне співвідношення:

$$W = \frac{10000 - CP_M \times \chi_M}{10\gamma_M}, \quad (2)$$

де:  $CP_M$ ,  $\chi_M$  — величини, відповідно, сухих речовин та чистоти міжкристалевого розчину, %;  $\rho_M$  — відносна вага міжкристалевого розчину,  $кг/м^3$ .

Співвідношення для  $\sum S$ , отримане Знаменським Г.М. в [1], дійсне тільки для випадку, коли всі кристали цукру є строго монодисперсними, тобто мають однакові розмірні характеристики, що не відповідає дійсності для реальних та промислових умов кристалізації. В цьому випадку не враховується їх полідисперсність, тобто наявність розподілу за розмірними характеристиками, перш за все, за лінійними розмірами  $r$  та масою  $P$ , та за чисельністю кристалів  $N$ , що виражається наявністю диференціальної функції розподілу кристалів за їх розмірними характеристиками (лінійно-масовий розподіл  $f_P \cdot (r)$ , чисельний розподіл за масами  $f_N \cdot (P)$  та чисельний розподіл за лінійними розмірами  $f_N \cdot (r)$ , [2, 3]. Всі ці обставини враховані нами наступним чином.

Для всієї сукупності, яка складається з  $N$  кристалів, та для будь-якої їх вибірки мають місце наступні рівності:

$$N = \frac{G_{\Sigma}}{\bar{G}} = \frac{S_{\Sigma}}{\bar{S}}, \quad (3)$$

де:  $N$  — кількість кристалів у вибірці (чи у генеральній сукупності);  $G_{\Sigma}$ ,  $S_{\Sigma}$ , — сумарна, відповідно, маса та поверхня кристалів;  $\bar{G}$ ,  $\bar{S}$  — середня, відповідно, маса та поверхня кристалів.

З виразу (3) маємо:

$$S_{\Sigma} = \frac{\bar{S}}{\bar{G}} G_{\Sigma}, N = \frac{1}{\bar{G}} G_{\Sigma}, \quad (4)$$

Для величин мають місце наступні залежності, [2]:

$$\bar{G} = k_{Gr} \bar{r}^3 = k_{Gr} (\alpha k_{Nr}^3 + 3k_{Nr}^3 + 1) \bar{r}^3, \quad (5)$$

$$\bar{S} = k_{Sr} \bar{r}^2 = k_{Sr} (k_{Nr}^2 + 1) \bar{r}^2, \quad (6)$$

$$S_{\Sigma} = \frac{k_{Sr}}{k_{Gr}} \frac{(k_{Nr}^2 + 1) G_{\Sigma}}{(\alpha k_{Nr}^3 + 3k_{Nr}^3 + 1) \bar{r}}, \quad (7)$$

$$N = \frac{1}{k_{Gr} (\alpha k_{Nr}^3 + 3k_{Nr}^3 + 1)} G_{\Sigma}, \quad (8)$$

а кількість кристалів в 1 кг цукру становить:

$$n = \frac{N}{G_{\Sigma}} = \frac{1}{k_{Gr} (\alpha k_{Nr}^3 + 3k_{Nr}^3 + 1)}, \quad (9)$$

де  $\alpha$ ,  $k_{Nr}$ ,  $\bar{r}$  — відповідно, коефіцієнт асиметрії чисельного розподілу кристалів за лінійним розміром, коефіцієнт нерівномірності такого ж типу, та середній лінійний розмір кристалів цукру.

Ці величини, як правило, вибіркові, тобто такі, які визначаються за репрезентативною вибіркою кристалів цукру. Тоді, згідно з (2), для середньої товщини шару залишкового між кристалом розчину на кристалах  $b$  остаточно маємо:

$$b = \frac{k_{Gr} (10000 - C_{PM} \mu_M) (\alpha k_{Nr}^3 + 3k_{Nr}^3 + 1) \bar{r}}{1000 k_{Sr} (k_{Nr}^2 + 1) G_{\Sigma}}, \quad (10)$$

Якщо відома диференціальна функція розподілу кристалів за їх лінійними розмірами  $f_N \cdot (r)$ , то:  $M_p$  — момент порядку диференціальної функції чисельного розподілу кристалів за їх лінійними розмірами визначається за рівнянням:

$$M_p = \int_{-\infty}^{+\infty} r^p \cdot f_{Nr} \cdot (r) \cdot dr; \quad (11)$$

$$\bar{r} = M_1; \quad (12)$$

$$k_{Nr} = \frac{\sqrt{M_2 - M_1^2}}{M_1}; \quad (13)$$

$$\alpha = M_3 - 3 \cdot M_2 \cdot M_1 + 2 \cdot M_1^3; \quad (14)$$

де  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  — відповідно моменти першого, другого, третього порядку диференціальної функції чисельного розподілу кристалів за їх лінійними розмірами [2].

Отримана залежність (10) свідчить, що середня товщина шару міжкристалом розчину на кристалах цукру в процесі їх центрифугування істотно залежить від комплексу параметрів, що визначають фракційний (гранулометричний) склад цих кристалів, таких, як їх середній лінійний розмір, коефіцієнт асиметрії розподілу кристалів та коефіцієнт їх нерівномірності, які можна визначити на основі відповідної диференціальної функції розподілу, або на основі статистичної обробки результатів мікрофотографування кристалів цукру.

**Висновки.** Гранулометричний склад кристалів цукру в утфелі, коефіцієнт асиметрії чисельного розподілу кристалів за лінійним розміром, коефіцієнт нерівномірності та середній

розмір кристалів, мають суттєвий вплив на кількість залишкового міжкристального розчину на поверхні кристалів після відходу першого відтоку під час центрифугування.

Для визначення середньої товщини шару міжкристального розчину, що лишається на поверхні кристалів після відходу першого відтоку, запропоновано рівняння, що враховує полідисперсність кристалів цукру в утфелі.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Знаменский Г.М. Гидравлические и тепловые процессы пищевых производств / Г.М. Знаменский. — М.: Пищевая промышленность, 1975. — 255 с.

2. Кузьменко Б.В. Математичне моделювання процесів росту і розчинення кристалів цукру в промислових умовах: автореф. дис. д-ра техн. наук / Б.В. Кузьменко; УДУХТ. — К., 1995 р. — 40 с.

3. Мирончук В.Г. Розроблення способів та удосконалення апаратів для промислової кристалізації цукристих речовин: автореф. дис. д-ра техн. наук / В.Г. Мирончук; УДУХТ. — К., 2000 р. — 38 с.

## ОЦЕНКА СРЕДНЕЙ ТОЛЩИНЫ СЛОЯ МЕЖКРИСТАЛЬНОГО РАСТВОРА НА ПОЛИДИСПЕРСНЫХ КРИСТАЛЛАХ САХАРА В ПРОЦЕССЕ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЯ САХАРНЫХ УТФЕЛЕЙ

Мирончук В.Г., Підгорний В.В.

Національний університет харчових технологій

Кузьменко Б.В.

Інститут вугільних енерготехнологій НАН України

*Рассмотрено влияние полидисперсности кристаллов сахара в утфеле на толщину слоя межкристального раствора, что остаётся на поверхности кристаллов после его отделения в процессе центробежной фильтрации на центрифугах. От толщины этого шара зависит количество воды необходимой для промывания кристаллов сахара. Предложены математические зависимости для определения массы остаточного межкристального раствора на поверхности кристаллов сахара после отделения от сахарного утфеля первого оттока на центрифуге.*

**Ключевые слова:** центрифугирование, кристалл, утфель, полидисперсность, межкристальный раствор.