

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОНОСІЯ І СИРОВИНИ НА ВИДАТНІСТЬ БАРАБАННОЇ СУШАРКИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

На підставі теорії про дифузійну модель руху теплоносія в барабанній сушарці запропоновано математичну модель і виконано числові дослідження впливу інтенсивності перемішування цукру на інтенсивність процесу сушіння.

Ключові слова: барабанна сушарка, сушіння цукру, дисперсні матеріали.

Abstract

A method of experimentally determining the coefficient of molecular diffusion of liquid in capillary-porous bodies using a regular regime is proposed.

Key words: cooling rate, diffusion coefficient, excess temperature, regular mode.

Вступ

Науково обґрунтована методика розрахунку тепломасобмінного процесу сушіння дисперсних сипучих матеріалів в барабанних сушарках, яка могла б враховувати особливості розмірів часток сировини, густини і вологовмісту матеріалу в даний час відсутня. Тому розробка математичної моделі тепломасобмінного процесу сушіння в сушильних барабанах, яка б враховувала вищеперераховані параметри є актуальним питанням.

Мета роботи: числовими методами дослідити вплив характеристик сушильної установки і висушуваного матеріалу на процес сушіння в барабанних сушарках.

Основна частина

В процесі сушіння сипучих і дисперсних матеріалів в барабанних сушильних агрегатах, які мають нахил в сторону завантаження за критерій оптимальності часто беруть видатність сушарки за сухим продуктом [1]

$$G = M \cdot \Pi \cdot (\vartheta_c \cdot \rho_c) \cdot D^2 \cdot t_{vh}^{0,425}, \quad (1)$$

де

$$M = \frac{1360 \cdot \varphi^{0,34} \cdot L_b^{0,34} \cdot K^{0,34} \cdot \left(\frac{n^2}{1800} \right) D^2 (\sin \alpha)^{0,4}}{A^{0,34} d_{ch}^{0,526} \cdot (\rho_c \vartheta_c)^{0,136}} - \text{кінетичний параметр}; \quad (2)$$

$$\Pi = \sqrt{\frac{t_{vuh} - 30}{t_{vh} - t_{vuh} + 10}} - \text{температурний коефіцієнт}; \quad (3)$$

$$K = \left[\frac{\omega_k}{\omega_p (\omega_p - \omega_k)} \right] - \text{коефіцієнт вологості}; \quad (4)$$

В формулах (1)-(4): G – видатність сушарки за сухим продуктом, кг/год; t_{vh} – температура теплоносія на вході в барабан, °C; t_{vuh} – температура теплоносія на виході з барабана, °C; $\vartheta_c \rho_c$ – масова швидкість теплоносія в барабані сушарки, кг/(м²·с); D – діаметр барабана, м; φ – коефіцієнт заповнення барабана, %; L_b – довжина барабана, м; ω_p і ω_k – початкова і кінцева вологість матеріалу, %; n – частота обертання барабана, об/хв; α – кут нахилу барабана, град; d_{ch} – початковий середній еквівалентний діаметр частинки (визначається за фракційним складом при просіванні), м.

Але видатність барабанної сушарки напряму пов’язана із температурою теплоносія в барабані.

Якщо прийняти дифузійну модель руху теплоносія в барабані, можна допустити, що структура потоку теплоносія буде описуватися диференціальним рівнянням, яке аналогічне рівнянню молекулярної дифузії. Для масообмінного процесу параметром в такій моделі може бути коефіцієнт, аналогічний коефіцієнту молекулярної дифузії. Такий коефіцієнт в теорії процесів хімічної технології називають коефіцієнтом зворотного (поздовжнього) перемішування. Оскільки наявність подібності між масообмінними і теплообмінними процесами відома [2-4], будемо вважати, що аналогом коефіцієнта поздовжнього перемішування в теплообмінних процесах є тепловий коефіцієнт поздовжнього перемішування.

Дифузійна модель перенесення теплоти сушильним агентом на елементарній ділянці довжини барабана має вигляд

$$-w \cdot \rho \cdot C_p \cdot \frac{dt_t}{dl} + \lambda \frac{d^2 t_t}{dl^2} = \alpha_v (t_t - t_{mt}), \quad (5)$$

де w ; ρ ; C_p , λ відповідно швидкість, густина, теплоємність і теплопровідність теплоносія;

t_t – температура теплоносія;

t_{mt} – температура матеріалу.

Це рівняння зв’язує температуру теплоносія з довжиною шляху його переміщення в диференціальному вигляді. Для рішення такого рівняння необхідно знати зміну температури матеріалу по довжині сушильного барабана, але вона залежить від ходу процесу сушіння, тому рівняння (5) вирішували числовим методом.

Рівняння (5) розв’язувалося в пакеті Mathcad. Оскільки граничні умови задані тільки температурою на вході в сушарку, то використано метод послідовного уточнення рішення за першого довільного задання температури на виході, з подальшим уточненням її повторними розрахунками до необхідної точності.

На рис. 1 представлено числовий розв’язок нелінійного диференційного рівняння (5), розв’язаного відносно температури теплоносія в барабані сушарки.

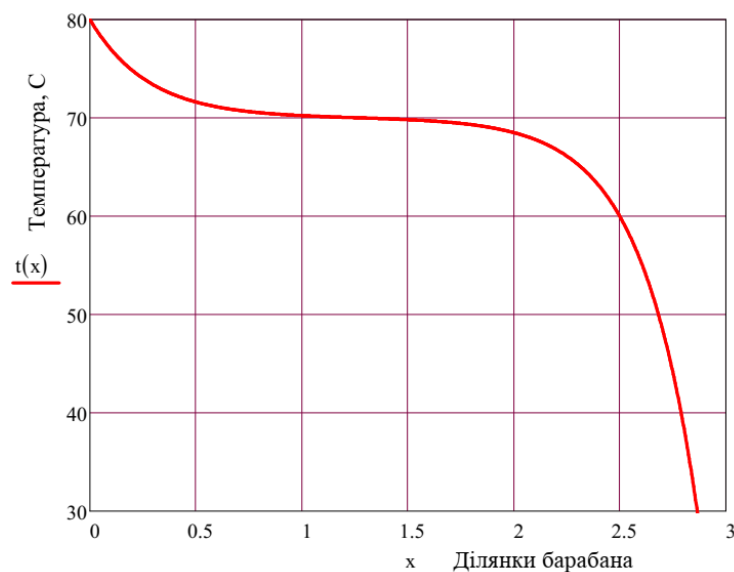


Рисунок 1 – Зміна температури теплоносія при проході через барабан, для випадку $\Delta < 0$

Для сушіння сипучих продуктів, котрі надходять в барабанну сушарку з температурою навколишнього середовища протитоком до теплоносія (рис.1), температура теплоносія на вході в барабан дещо зменшується, далі, при проходженні барабана температура вирівнюється і на виході зменшується практично до температури сировини, яка поступає в барабан з температурою навколишнього середовища.

При сушінні цукру, який саме протитоком до теплоносія надходить в барабан сушарки після вакуум-випарного апарата і центрифуги (рис.2, крива 1) і має температуру до 80 °С, залежності зміни температури теплоносія по довжині барабана носять інший характер.

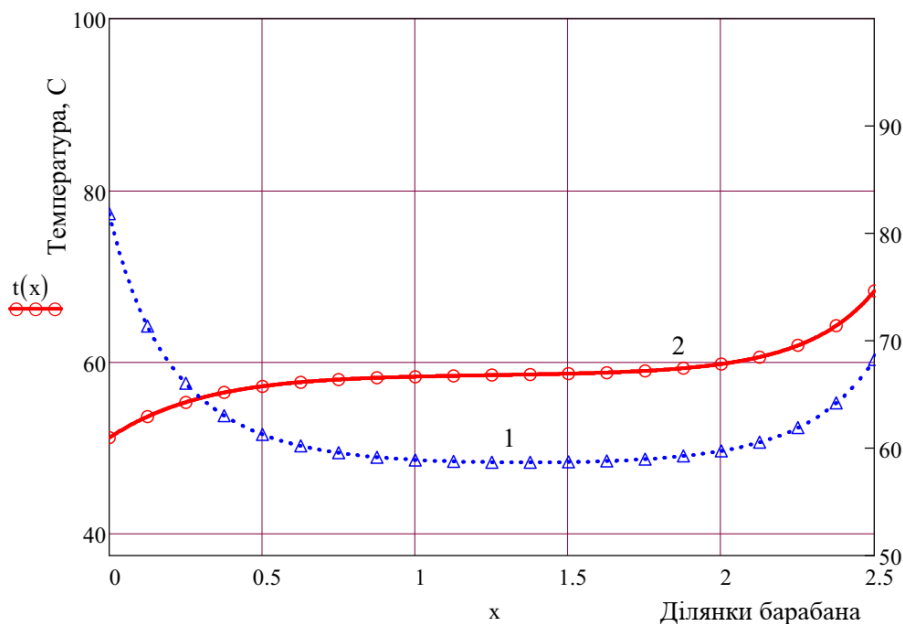


Рисунок 2 – Зміна температури теплоносія вздовж барабана сушарки при сушінні цукру

- 1 – вхідна температура теплоносія 80 °С;
- 2 – вхідна температура теплоносія 55 °С;

Висновки

Числовий експеримент показав, що при подачі теплоносія з температурою, приблизно рівною температурі вхідного цукру, температура теплоносія дещо зменшується, що можна пояснити інтенсивним випаровуванням вологи з часточок цукру, а на виході відпрацьований теплоносій підігрівається гарячою цукровою масою.

При подачі в барабан теплоносія з температурою, нижчою, ніж температура цукрової маси, він спочатку прогрівається до робочої, далі йде ділянка температурної стабілізації і на виході температура знову зростає внаслідок виділення теплоти від гарячої цукрової маси на вході в барабан.

Більш високу температуру в барабані того теплоносія, який заходить в сушарку холоднішим, ніж цукрова маса можна пояснити невисокою швидкістю сушіння і, як наслідок, при сушінні за таким режимом цукрова маса повинна знаходитися в барабані значно довший час.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ткаченко С. Й. Співак О.Ю. Сушильні процеси та установки : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2008. 98 с.
2. Гайвась Б. І. Математичне моделювання конвективного сушіння матеріалів з урахуванням механотермодифузійних процесів /Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. 2010. вип. 12, С. 9-37.
3. Слободянюк К.С. Інтенсифікація процесу сушіння фітоестрогенної сировини на основі сої : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.14.06. Київ, 2020. 20 с.

Рекомендована до опублікування кафедрою теплоенергетики ВНТУ

Співак Олександр Юрійович – к-т. техн. наук, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: spivak000@gmail.com.

Дудник Владислав Володимирович – студент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vdudnyk23@gmail.com.

Присяжний Денис Вікторович – студент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: dinisprisaznij33@gmail.com.

Oleksandr Spivak – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: spivak000@gmail.com.

Vladyslav Dudnik – student of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vdudnyk23@gmail.com.

Denys Prisyazhnyu – student of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: dinisprisaznij33@gmail.com.