

Оптимальне керування процесом двоетапної кристалізації цукру

Бокоч І.В., Трегуб В.Г.

Національний університет харчових технологій

м. Київ, Україна

ua2d2ua@nuft.edu.ua

Анотація—Розглянуто метод оптимізації процесу двоетапної кристалізації цукру, який приводить до максимізації готового продукту або до мінімізації тривалості процесу, в залежності від конкретної ситуації.

Ключові слова—оптимальне керування, двоетапна кристалізація, вакуум-апарат періодичної дії, маточний утфель.

ВСТУП

Оптимізація процесу кристалізації проводиться для знаходження оптимальних режимів даного процесу та для підвищення ефективності роботи комбінованих утфельних вакуум-апаратів періодичної дії (ВАПД). Для цього потрібно розробити систему оптимального керування, яка б дала можливість корегувати змінні управління та стану системи таким чином, щоб оптимізувати роботу продуктового відділення.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Проблема оптимізації зазвичай зводиться до розв'язання однієї з таких задач:

- 1) мінімізація тривалості процесу;
- 2) максимізація виходу готового продукту.

Мінімізація тривалості процесу необхідна у разі, коли продуктове відділення (ПВ) стає «вузьким» місцем у виробництві цукру і запаси сиропу досягають критичної межі, тобто коли потрібно максимізувати продуктивність ПВ, а вихід готового продукту може розглядатись як обмеження. Максимізація виходу готового продукту використовується при достатній продуктивності відділення і головною ціллю є досягнення збільшення виходу готового продукту, а тривалість проходження процесу стає обмеженням [1].

При двоетапному процесі кристалізації цукру в якості затравочного компонента для початку росту кристалів в утфелі I-го продукту використовують так званий «молодий» або «маточний» утфель. Ідея даного методу полягає в тому, що процес початкового кристалотворення та закріплення кристалів виділяється із циклу отримання утфелю в окремий процес підготовки маточного утфелю. А отже ми отримуємо позитивні зміни в вирішенні одразу обох задач оптимізації. Адже незважаючи на відносну складність одержання маточного утфелю, він має високі якісні показники (рівномірність кристалів, відсутність

конгломератів), що дозволяє збільшити продуктивність ВАПД, використовувати сиропи високої концентрації, зменшити споживання пари та збільшити вихід кристалічного цукру з утфелю за рахунок більшої рівномірності кристалів, що сприяє зменшенню води на пробілювання.

Виробничі дослідження показують, що впровадження такого способу ударювання утфелю забезпечує збільшення виходу кристалічного цукру з утфелю від 43 до 52%, зменшення витрат води на пробілювання з 2,6 до 1,8% від маси утфелю та зменшення витрат палива на 0,3% від маси буряків. Розрахунки показують, що застосування такого способу дозволяє на 20-30% збільшити продуктивність ВАПД I продукту та на 10-15% - II і III продуктів, зменшити витрати пари та електроенергії в кристалізаційному відділенні на 10-15%, зменшити втрати цукру від термічного розкладу [2].

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Можливі варіанти вирішення задач оптимізації наведені у табл.1, де Kp_k , Kp_{max} , $(Kp_k/Kp_{max})_{valid}$ – відповідно кінцеве та максимальне значення відсоткового масового вмісту кристалів в утфелі та допустиме значення їх співвідношення; t_k , t_{valid} – відповідно тривалість циклу кристалізації та його допустиме значення. Дані варіанти є актуальними, як при варінні утфель I-го продукту так і для приготування маточного утфелю.

Табл. 1
ВАРІАНТИ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ

Варіант №1	Варіант №2
$t_k \rightarrow \min$ (1)	$Kp_k/Kp_{max} \rightarrow \max$ (3)
$Kp_k/Kp_{max} \geq (Kp_k/Kp_{max})_{valid}$ (2)	$t_{valid} > t_k$ (4)

Один з варіантів розв'язання локальних задач оптимального керування утфельним вакуум-апаратом у випадку, коли в вакуум-апараті утворюється готовий продукт за рахунок фазових переходів і кінетична модель стає одночасно і

динамічною моделлю апарату, пов'язаний з використанням кінетичної оптимізації. В цьому випадку зміною технологічних режимів досягаються такі значення кінетичних параметрів, які доставляють оптимум критерію керування [3].

При розгляді варіантів задачі оптимального керування утфельним ВАПД параметр t_k присутній в обох варіантах вирішення задачі. В першому варіанті він являється критерієм оптимізації, а в варіанті №2 він є обмеженням.

Для прикладу візьмемо за основу типовий апаратно-технологічний комплекс (АТК), схема якого наведена на рис.1. На вході цього АТК знаходиться збірник сиропу, в який з випарної станції надходить сироп. Завантаження ВАПД першого продукту відбувається за послідовною схемою (заповнення кожного наступного апарату відбувається після початку кристалізації в попередньому). Вивантаження відбувається також послідовно, так як об'єм утфелемішалки дещо менший двох об'ємів вакуум-апарату. Маточний утфель з комбінованого ВАПД вивантажується в окремих збірник. При розробці логічної схе-

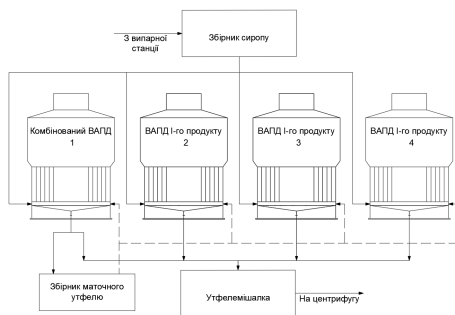


Рис. 1. Апаратно-технологічна схема продуктового відділення з комбінованим вакуум-апаратом

ми оптимального керування, основним критерієм взято кількість сиропу, що надходить з випарної станції. Якщо в проміжному збірнику після випарної станції об'єм сиропу досягає 70% від загального об'єму і більше та за умови, що випарна станція продовжує працювати, тоді працюємо над мінімізацією тривалості варіння утфелю. Якщо ж сиропу буде недостатньо, тоді працюємо над збільшенням виходу готового продукту до максимального можливого.

Тож кількісна оцінка ситуації буде мати такий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} V_c < V_{зб} \cdot K1 \cdot K2, \\ \text{або } F_c = 0 \end{array} \right\}, \text{тоді } Kp_k / Kp_{\max} \rightarrow \max$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_c \geq V_{зб} \cdot K1 \cdot K2, \\ \text{та } F_c = 0 \end{array} \right\}, \text{тоді } t_k \rightarrow \min \quad (5)$$

де V_c – об'єм сиропу в збірнику; $V_{зб}$ – об'єм збірника; F_c – витрата сиропу з випарної станції; $K1 = 0,8$ – коефіцієнт запасу для запобігання переливу; $K2 = 0,95$ – коефіцієнт, який враховує можливість зменшення об'єму збірника у процесі експлуатації за рахунок перепадів температур.

Апаратно-програмна реалізація системи оптимального керування утфельного ВАПД у вигляді структурної схеми показана на рис.2. Критерій оптимізації повинен змінюватися в залежності від поточної ситуації, що виникла на виробництві, тобто автоматична система керування вибирає необхідний режим в залежності від ситуації, що визначається за входною поточною інформацією. В якості умови переходу на інший режим для такої системи буде аналіз інформації про кількість сиропу, що поступає з випарної станції, і безпосередньо її роботу.

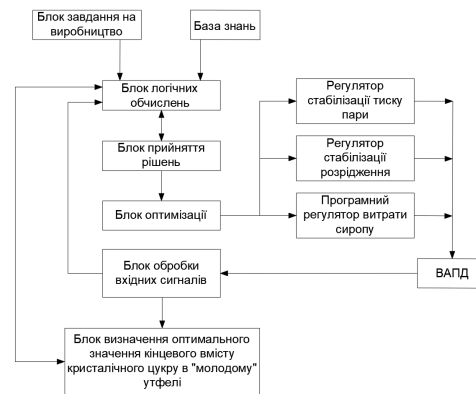


Рис. 2. Структура системи керування комбінованим ВАПД

В запропонованій АСУ керуванням на нижньому рівні займаються регулятори стабілізації (тиску пари та розрідження в апараті) та програмний регулятор підкачки сиропу в апарат.

Оптимізацією основних показників займається верхній рівень. Блок логічних обчислень, опираючись на дані з блока завдання на виробництво, блока визначення оптимального значення кінцевого вмісту кристалічного цукру в молодому утфелі та бази знань реалізує необхідний алгоритм роботи установки, обраховує оптимальний режим варіння утфелю за кінетичної оптимізації для даного випадку, та обраховує оптимальні значення змінних керування, після чого передає дані на блок прийняття рішень, який формує режим роботи установки для конкретного випадку. В залежності від вибраного режиму блок оптимізації формує відповідні сигнали для регуляторів.

Висновки

Виконана робота дає змогу оптимізувати процес кристалізації цукру в АТК з комбінованим ВАПД при використанні в якості основи для росту кристалів маточного утфелю.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Глушенко М.С. Оптимізація процесу кристалізації за ситуаційним підходом // Харчова промисловість.– 2009.– Вип.8.
- [2] Петриченко І.Б. Інноваційні технології галузі: курс лекцій для студентів спеціальності 7.05170111 "Технології цукру та полісахаридів" денної та заочної форми навчання.– К.:НУХТ, 2013.
- [3] Трегуб В.Г. Оптимальне керування технологічним комплексом апаратів періодичної дії // Наукові праці НУХТ.–2006.– №18.