

В.Г. МИРОНЧУК, кандидат технічних наук

О.А. ЄЩЕНКО

Український державний університет харчових технологій

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ПРОДУКТОВОГО ВІДДІЛЕННЯ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

На основі теорії змішування компонентів уточнено модель і розроблено комп'ютерну програму розрахунку і прогнозування кількісних та якісних показників роботи продуктового відділення цукрового заводу, що дає змогу за допомогою персонального комп'ютера залежно від змін характеристик початкових і проміжних продуктів прогнозувати та оперативно корегувати регламент роботи всього кристалізаційного відділення і його окремих ділянок. Це забезпечує раціональне ведення технологічного процесу з метою одержання товарного цукру стандартної якості за найменших енергетичних витрат.

Аналіз існуючих моделей багатоступеневої кристалізації цукру показав, що вони побудовані на основі балансових рівнянь розрахунку продуктів і зводяться в основному до таких різновидів [1]: модель розрахунку за обертами, з математичними коефіцієнтами і при усталеному режимі. Загальним недоліком цих моделей є те, що динаміка процесу в них враховується частково, а відповідні потоки рециркулятив входять у загальну схему кристалізації не поетапно і не відповідають реальній динаміці процесу багатоступеневої кристалізації. Тому

неможливо відтворити дійсний шлях розвитку процесу, починаючи від сиропу-нетто до кінця кристалізації, а також простежити окремий вплив рециркуляції на зміни характеристик продуктів кристалізації в системі на етапі їх входження в усталений режим. Розрахунки, виконані за такими моделями не дають змоги з достатньою точністю змодельовати процес і мають суттєві розбіжності з реальним процесом.

Ми розробили універсальну модель багатоступеневої кристалізації цукру (рис.1), яка дає можливість усунути вищевказані недоліки, за допомогою комп'ютерної техніки змодельовати процес багатоступеневої кристалізації з достатньою точністю та послідовністю, що чітко відповідає дійсному промисловому процесу [2]. Програма, що реалізує цю універсальну модель, розроблена на мові Borland C++ Builder і працює в середовищі Windows 95. Проведені за допомогою універсальної моделі обчислювальні експерименти показали, що при точності, коли відносна похибка не перевищує 1%, процес багатоступеневої кристалізації цукру стабілізується на 6...8-у оберті.

Динаміку змін доброякісності цукрів показано на рис. 2. Процес починає стабілізуватись на 4-у оберті, коли в нього включаються всі потоки рециркулятив.

Обчислювальний експеримент проводився за такими схемами: сх.2-3 — без рециркуляції 2-х витоків I і II кристалізацій; сх.1-3 — з рециркуляцією 2-го витоків I кристалізації; сх.2-2 — з рециркуляцією 2-го витоків II кристалізації; сх.1-2 — з рециркуляцією 2-х витоків I і II кристалізацій.

Дослідження показали, що рециркуляція 2-х витоків I і II кристалізацій суттєво впливає на якісні та кількісні характеристики продуктів. Зі збільшенням кількості рециркулятив збільшується вихід готового продукту та зменшується кількість і доброякісність меляси.

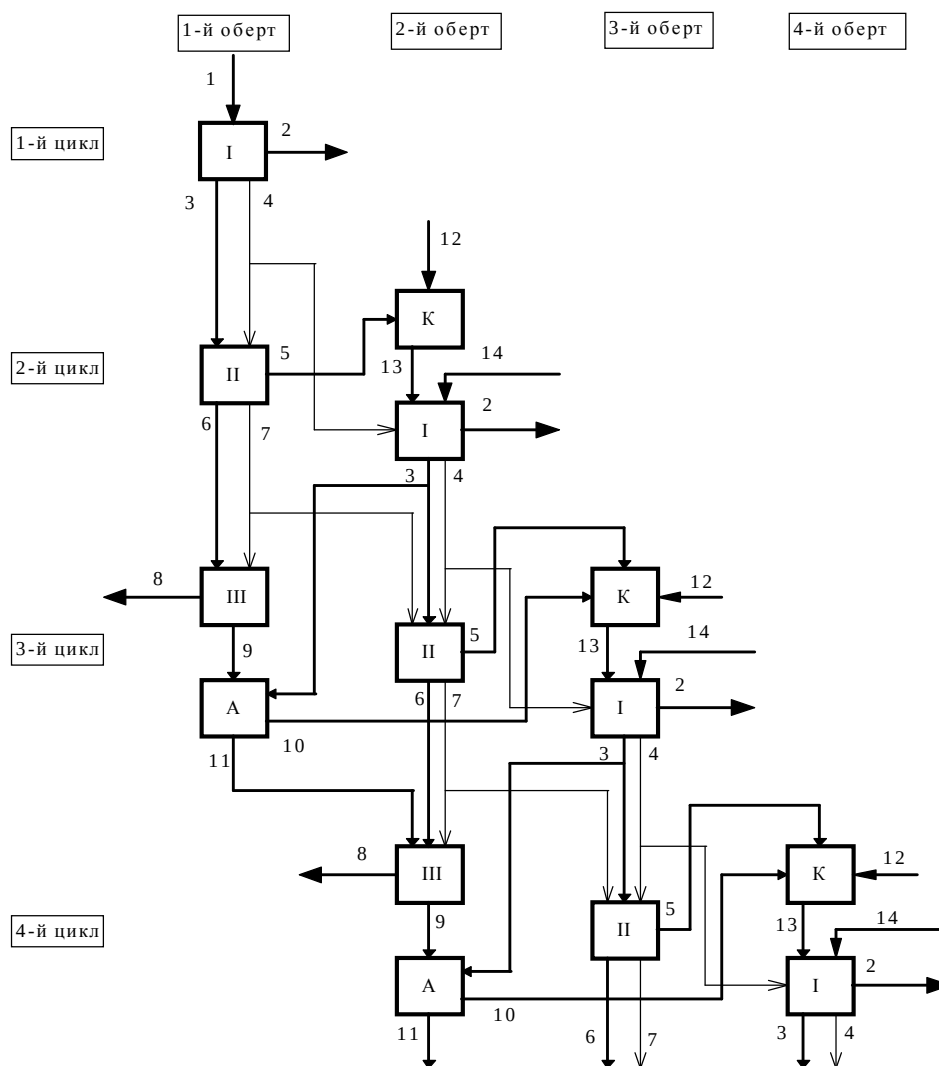


Рис. 1. Універсальна модель кристалізації:

I, II, III — перша, друга, третя кристалізації; К — клерування; 1 — сироп-нетто; 2 — цукор I кристалізації; 3 — I витік I кристалізації; 4 — II витік I кристалізації; 5 — цукор II кристалізації; 6 — I витік II кристалізації; 7 — II витік II кристалізації; 8 — меляса; 9 — цукор III кристалізації; А — афінація; 10 — афінований цукор; 11 — афінаційний витік; 12 — сік на клерування; 13 — клерування; 14 — сироп з випарки

Рециркуляції 2-х витоків I і II кристалізацій по-різному впливають на характеристики продуктів. Так, рециркуляція 2-го витіку I кристалізації суттєвіше знижує доброякісність цукрів, ніж рециркуляція 2-го витіку II кристалізації. Цей вплив найбільше позначається на доброякісності цукрів II і III кристалізацій. В першому випадку різниця

доброякісності становить близько 0,5 %, а в другому — 1,2...4,0 %. Доброякісність цукру I кристалізації при цьому зменшується на 0,008 %.

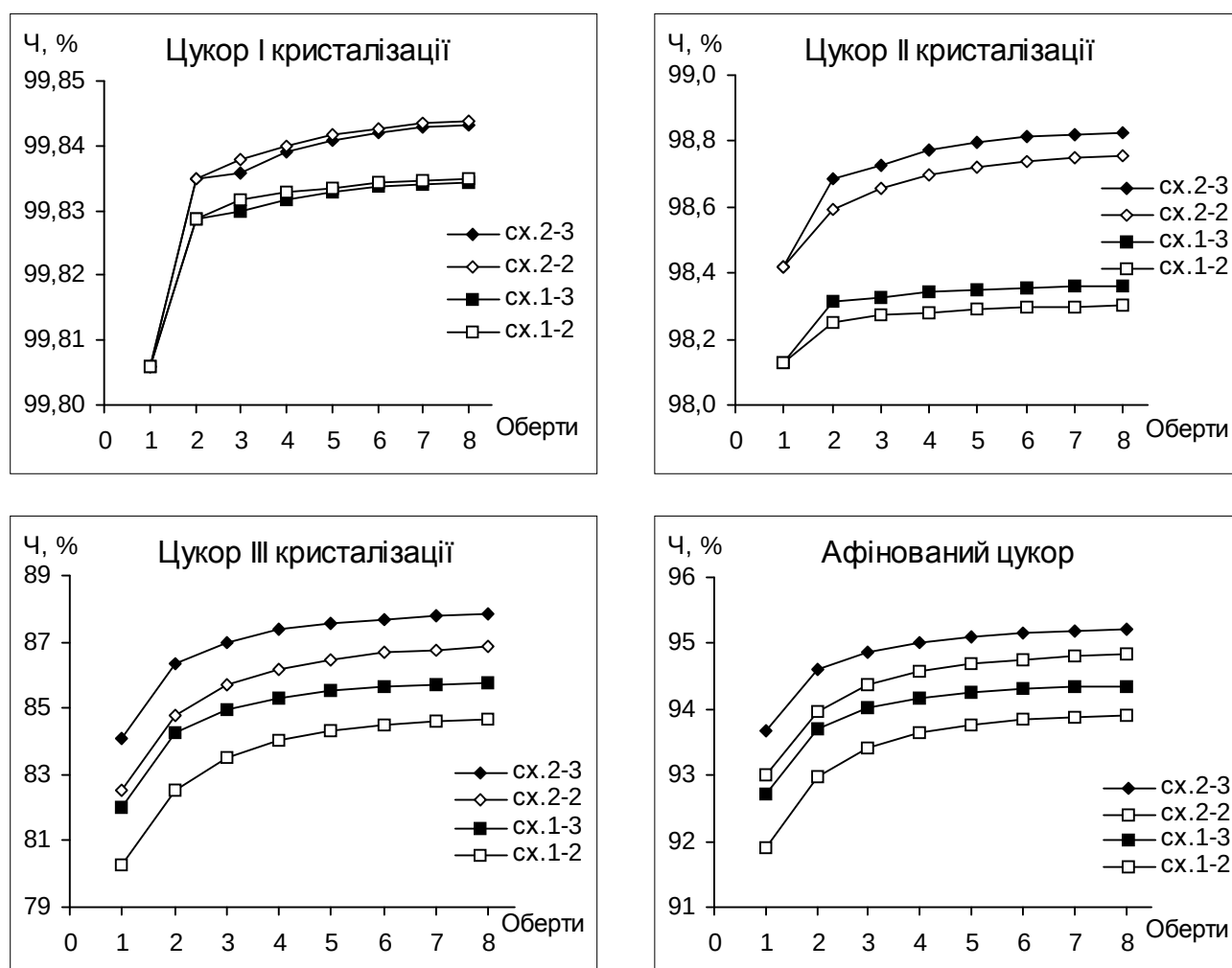


Рис. 2. Динаміка доброякісності цукрів за обертами

На рис. 3 наведено графіки залежності питомої величини E (кг випареної води / кг товарного цукру) від маси рециркулятив. З них видно, що зі збільшенням загальної маси продуктів, що рециркулюють, питома величина E зменшується, що підтверджує наші попередні дослідження [3]. При рециркуляції 2-го витoku I кристалізації кількість випареної води значно менше, ніж без неї. Різниця питомої величини E між цими групами схем становить у середньому 9 %. Одночасно зі

збільшенням кількості рециркуляту збільшується вихід товарного цукру (рис. 4).

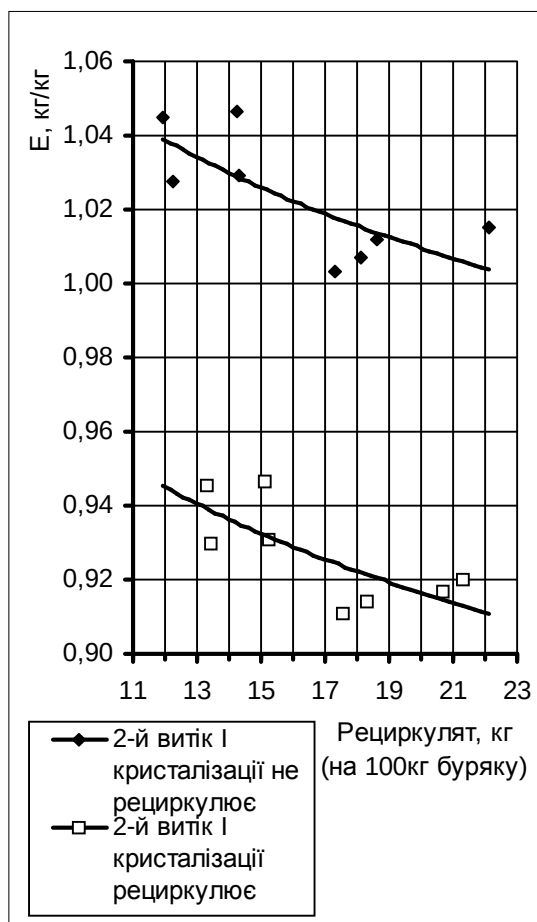


Рис. 3. Залежність питомої величини E від маси рециркуляту

Крім того вказані схеми розглядались при різній обробці цукру III кристалізації: без обробки (но), з пробілюванням водою (пр), з афінацією (ас) та направленням афінаційного утфеляю (ау) як кристалічної основи для II кристалізації. Так, за відсутності обробки або при пробілюванні цукру III кристалізації збільшення виходу товарного цукру не перевищує 1 %, а якщо афінаційний утфель направляється як кристалічна основа для II кристалізації або при афінації цукру III кристалізації — більше ніж 2 %. При цьому обробки цукру III кристалізації збільшують доброякісність цукру I кристалізації (рис. 5):

пробілювання або афінація — на 0,035 %, а направлення афінаційного утфелю на II кристалізацію — на 0,056%.

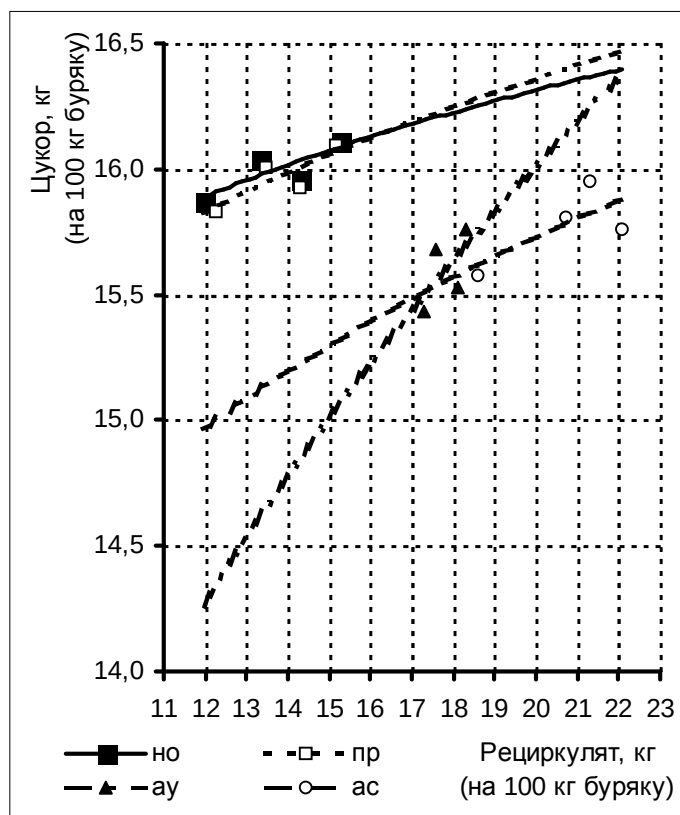


Рис. 4. Вихід товарного цукру залежно від маси рециркуляту та виду обробки цукру III кристалізації

Отже, можна зробити висновок, що схеми з рециркуляцією мають очевидну перевагу перед схемами без рециркуляції.

Подана універсальна модель кристалізації дає змогу обрати оптимальну схему кристалізації, якщо відомі початкові продукти. Задамо цільову функцію для вибору оптимальної схеми, де кількість цукру I кристалізації та його доброякісність мають максимізуватись, а кількість меляси, заданої доброякісності та кількість випареної води — мінімізуватись.

Враховуючи вимоги стандартів до доброякісності цукру і меляси оптимізаційну модель можна подати у вигляді

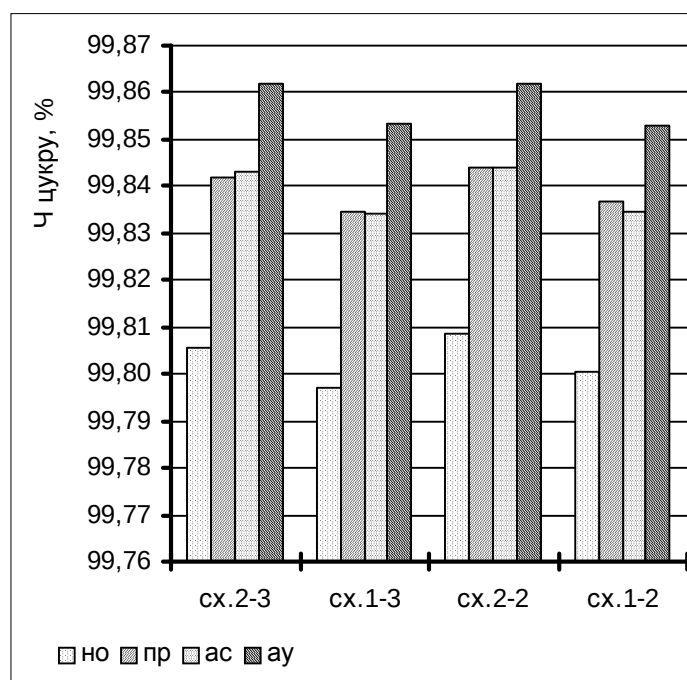


Рис. 5. Доброякісність товарного цукру при різних обробках цукру III кристалізації

$$f(s, w, m) = -r_s s + r_w w + r_m m \rightarrow \min,$$

$$D_s > D_{s\,st},$$

$$D_m < D_{m\,st},$$

де s — кількість цукру, кг; w — кількість випареної води, кг; m — кількість меляси, кг; r_s, r_w, r_m — відповідні вагові коефіцієнти; D_s — доброякісність цукру; $D_{s\,st}$ — доброякісність цукру відповідно до стандарту; D_m — доброякісність меляси; $D_{m\,st}$ — доброякісність меляси відповідно до стандарту.

Результати оптимізації, наведені на рис. 6, показують, що в схемах з рециркуляцією 2-го витoku I кристалізації значення цільової функції менше від її математичного очікування, а в схемах без рециркуляції — більше. Це свідчить про очевидну перевагу схем з рециркуляцією 2-го витoku I кристалізації. Серед них очевидну перевагу мають схеми з рециркуляцією 2-го витoku II кристалізації та направленням афінаційного утфелю на II кристалізацію. Схеми без

обробки цукру III кристалізації займають останнє місце. Аналогічний розподіл спостерігається також серед схем без рециркуляції 2-го витoku I кристалізації, однак вони очевидно не задовольняють умови оптимізації.

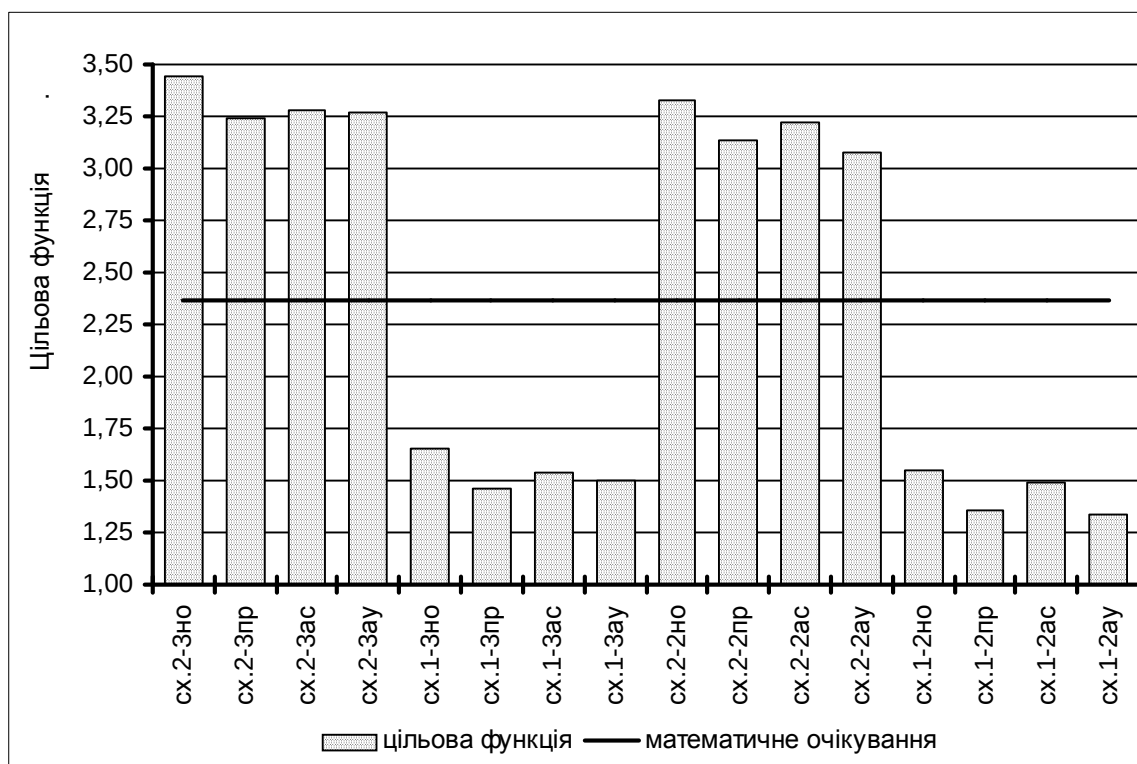


Рис. 6. Значення цільової функції при $r_s=r_w=r_m=1$

Висновки

1. Подана універсальна модель кристалізації цукру дає змогу на основі комп'ютерного моделювання прогнозувати показники роботи продуктового відділення цукрового заводу залежно від вимог до якості товарного цукру та змін характеристик початкових і проміжних продуктів кристалізації.

2. Проведені дослідження показали перевагу схем кристалізації цукру з рециркуляцією, використання яких збільшує вихід товарного цукру і зменшує кількість пари, що використовується для кристалізації.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Каганов И.Н., Михатова Т.М.* Химико-технические расчеты и учет в сахарном производстве. – М.: Пищ. Пром-сть, 1964. – 232 с.
2. *Мирончук В.Г., Єщенко О.А., Гулий І.С.* Універсальна модель багатоступеневої кристалізації цукру // Наук. пр. УДУХТ. — 1998.— №4. — ч.1. — с. 64—65.
3. *Мирончик В.Г., Гулый И.С., Плотнир О.В.* Рециркуляция в системах кристаллизации сахара // Сах. Пром-сть. – 1995. – №3. – с. 15–18

Одержано редколегією 02.03.99р.

На основании теории смешивания компонентов уточнена модель и разработана компьютерная программа расчета и прогнозирования количественных и качественных показателей работы продуктового отделения сахарного завода, которые позволяют при помощи персонального компьютера в зависимости от изменения характеристик исходных и промежуточных продуктов прогнозировать и оперативно корректировать регламент работы всего кристаллизационного отделения и его отдельных участков. Это обеспечивает рациональное ведение технологического процесса с целью получения товарного сахара стандартного качества при наименьших энергетических затратах.