

Вплив рециркуляції на показники роботи кристалізаційних схем цукрового виробництва

*В.Г. Мирончук, І.С. Гулий, О.В. Плотнір, В.А. Потельчак
Український державний університет харчових технологій*

У цукровій промисловості поряд з типовою трикристалізаційною схемою з афінацією цукру II та III кристалізації першим витокотом утфелю I кристалізації [3], виходячи з особливостей цукрових заводів, використовують інші кристалізаційні схеми, які в основному забезпечують виробництво цукру, якість якого відповідає існуючому стандарту, при найбільш можливому виснаженні меляси. Вибір тієї чи іншої схеми зумовлюється, насамперед, чистотою сировини, а також технічними можливостями конкретного підприємства.

У сучасних кристалізаційних схемах цукрових заводів використовується процес рециркуляції, завдяки чому досягається можливість гнучко та оперативно реагувати на зміни технологічних характеристик продуктів кристалізаційних відділень. Водночас у практиці цукрового виробництва можливості рециркуляції використовуються не повністю через недостатнє нагромадження експериментального та аналітичного матеріалу в цьому напрямі.

Проведений нами аналіз ряду існуючих кристалізаційних схем цукрового виробництва [1-5,7]

щодо рециркуляції дозволив зробити висновки про її вплив на робочі характеристики процесу кристалізації цукру. Важливе значення для оцінки роботи кристалізаційних відділень у цілому мають не тільки технологічні показники, але значною мірою характеристики енергетичних витрат для забезпечення заданих режимів процесу кристалізації цукру. Завдяки тому, що власне масова кристалізація цукру з водних розчинів здійснюється методом випарювання розчинника у вакуум-апаратах, енергоємність цього процесу визначається кількістю випареної води. З погляду на це розрахунки рециркуляційних потоків зручно проводити на основі балансу води, що знаходиться в продуктах кристалізаційних відділень цукрових заводів. Приклади потоків води при дво- та триступеневій кристалізації показано на рис.1, 2.

З урахуванням положень теорії рециркуляції [26], для оцінки частки рециркулюючої води в розрахунках прийняли за 100% кількість води, яка надходить в продуктове відділення з сиропом із випарки. Для кількісної оцінки та порівняння впливу рециркуляції на показники роботи різних крис-

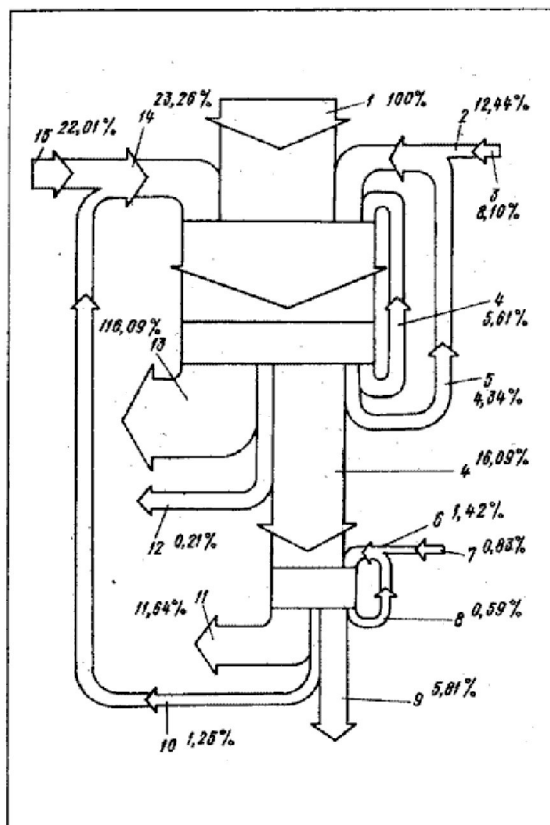


Рис. 1 Схема потоків води при двоступінчастій кристалізації цукру без афінації:
1 — вода сиропу з випарки; 2 — вода другого витoku I кристалізації; 3 — вода на пробілювання цукру I кристалізації; 4 — вода першого витoku I кристалізації; 5 — вода міжкристалічного розчину другого витoku I кристалізації; 6 — вода витoku II кристалізації; 7 — вода на пробілювання цукру II кристалізації; 8 — вода міжкристалічного розчину у витoci II кристалізації; 9 — вода меліси; 10 — вода цукру II кристалізації; 11 — вода, випарена під час II кристалізації; 12 — вода цукру I кристалізації; 13 — вода, випарена під час I кристалізації; 14 — вода клеровки; 15 — вода соку II сатурації.

талізаційних схем нами використано питому величину відношення кількості випареної води відносно кількості одержаного білого цукру в кожній конкретній схемі:

$$E = \frac{W}{B}, \text{ кг / кг,} \quad (1)$$

де W — сумарна кількість води, випареної у вакуум-апаратах усіх ступенів кристалізації, кг/100 кг цукрових буряків; B — вихід стандартного білого цукру, кг/100 кг цукрових буряків.

Балансові розрахунки кристалізаційних схем зроблено за відомими методиками [4,5]. Для порівняння результатів цих розрахунків нами прийнято, що такі технологічні характеристики продуктів, як кількість сухих речовин, у різних варіантах кристалізаційних схем залишилися незмінними: СР сиропу з випарки 65%, СР утфелю I 92%, СР утфелю II 93%, СР утфелю III 94%. Чистоту сиропу

з випарки змінювали від 89 до 93 од. У таблиці наведено результати розрахунків проаналізованих найбільш поширених схем. Отримані дані свідчать про те, що незалежно від чистоти $Ч$ сиропу з випарки кількість випареної води у вакуум-апаратах на одиницю маси товарного цукру E зменшується при відповідному збільшенні частки рециркулюючої води R . При цьому характер цих кривих для різних $Ч$ сиропу мають аналогію. Це наявно демонструють залежності (рис.3), де показано сімейство кривих $E = f(R)$.

Ступінь впливу чистоти сиропу на величину E різний, про що свідчить нееквідантність кривих $E = f(R)$ (рис.3). Вплив $Ч$ сиропу на величину E знижується при зменшенні самої чистоти. При фіксованому значенні частки рециркуляту R у різних варіантах кристалізаційних схем зменшення $Ч$ сиропу приводить до збільшення кількості випареної води на одиницю білого цукру (рис.4).

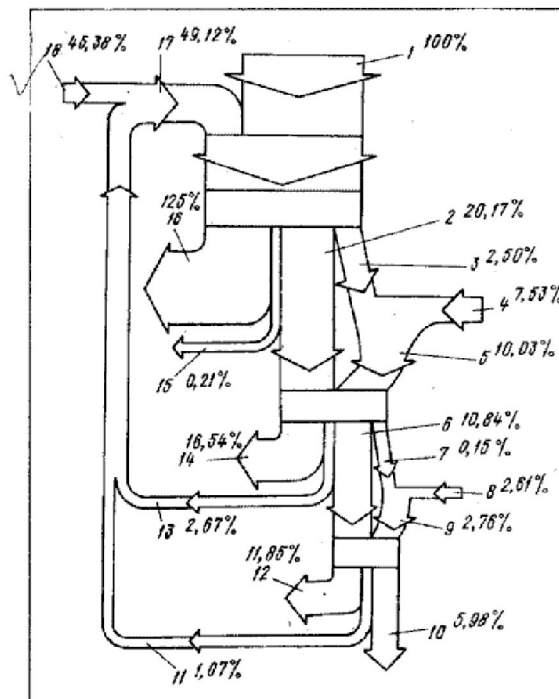


Рис. 2 Схема потоків води при триступінчастій кристалізації цукру без афінації:

1 — вода сиропу з випарки; 2 — вода першого витoku I кристалізації; 3 — вода міжкристалічного розчину другого витoku I кристалізації; 4 — вода на пробілювання цукру I кристалізації; 5 — вода другого витoku I кристалізації; 6 — вода першого витoku II кристалізації; 7 — вода міжкристалічного розчину другого витoku II кристалізації; 8 — вода на пробілювання цукру II кристалізації; 9 — вода другого витoku II кристалізації; 10 — вода меліси; 11 — вода цукру III кристалізації; 12 — вода, випарена на III кристалізації; 13 — вода цукру II кристалізації; 14 — вода, випарена на II кристалізації; 15 — вода цукру I кристалізації; 16 — вода, випарена на I кристалізації; 17 — вода клеровки; 18 — вода соку II сатурації.

Тип схеми кристалізації	Сироп із випарки		Кількість випареної води, кг/100 кг цукрових буряків	Кількість рециркуляту води, %						Вміст цукру, кг/100 кг цукрових буряків
	CP, %	Ч, од.		Перший витік кристалізації	Другий витік кристалізації	Цукор II кристалізації	Афінаційний цукор останньої кристалізації	Витік останньої кристалізації	Загальний рециркулят	
II продуктова без афінації	65	93	12,09	5,61	4,34	1,24		0,59	11,78	15,01
	65	93	13,25	1,53	6,34	1,78		1,00	10,65	13,53
III продуктова без афінації	65	93	14,16			2,67	1,07		3,74	14,95
III продуктова з афінацією	65	93	15,09			0,97	0,75		1,72	14,99
	65	93	15,32			0,85	1,39	0,40	2,67	15,65
	65	92	14,45		0,60	0,84	1,44		2,87	14,00
	65	92	16,41			1,52	0,55		2,07	15,72
III продуктова з афінацією та використанням частки утфелю II сатурації	65	92	13,80		2,40	1,30	0,83		4,53	13,71
	65	89	13,09			0,84	1,56		2,40	11,89

Залежність питомої величини E від $Ч$ сиропу в цьому випадку можна показати у вигляді рівняння

$$E = A \cdot Ч^2 + B \cdot Ч + C, \quad (2)$$

де A , B та C — розрахункові коефіцієнти, що залежать від особливостей кристалізаційних схем цукру.

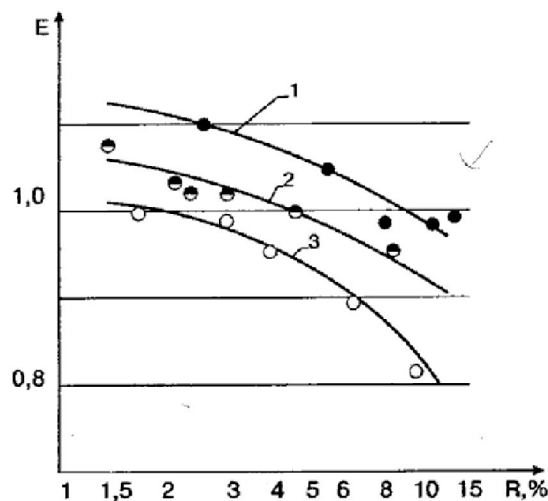


Рис. 3. Залежність питомої величини E від кількості води R , рециркулюючої в продуктах кристалізаційних схем: 1 — $Ч$ сиропу 89 од.; 2 — $Ч$ сиропу 92 од.; 3 — $Ч$ сиропу 93 од.

Результати досліджень показують, що, наприклад, при збільшенні частки рециркуляту від 1,72 до 11,78% при $Ч$ сиропу з випарки 93 од. величина E зменшується від 1,006 до 0,805. Для сиропу з випарки з $Ч=92$ од. відносна величина E зменшується від 1,08 до 1,00 при збільшенні частки рециркуляту R від 1,29 до 4,53%. Для сиропу з

$Ч=89$ од. відповідно E зменшується від 1,1 до 0,979 при збільшенні R від 2,4 до 10,65 %.

Таким чином, збільшення частки рециркуляту зменшує кількість випареної води на одиницю одержаного білого цукру, відповідно зменшує витрати пари на уварювання і кристалізацію утфе-

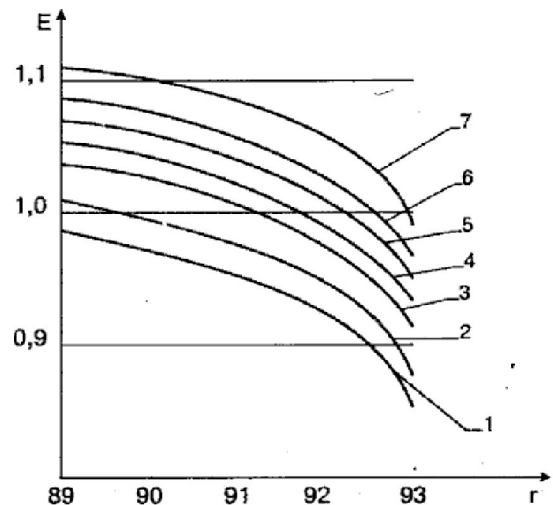


Рис. 4. Залежність питомої величини E від чистоти сиропу для різних значень величини R : 1 — $R=10\%$; 2 — $R=8\%$; 3 — $R=6\%$; 4 — $R=5\%$; 5 — $R=4\%$; 6 — $R=3\%$; 7 — $R=2\%$.

лю у вакуум-апаратах. Це, безперечно, суттєво знижує енергоємність кристалізаційних відділень і цукрового виробництва у цілому.

Ураховуючи те, що вода рециркулює як складова частина системи цукор+нецукор+вода, кількість рециркулюючої води визначають величинами рециркуляту витоків та величинами повер-

нення цукру II та III кристалізації на попередні етапи.

Завдяки використанню рециркуляції витоків вирішується проблема повнішого використання вихідних продуктів, тому що їх частина, яка не прореагувала, знову повертається в реактор із заданим відсотком перетворення сировини. Найбільш ефективними щодо максимально можливого перетворення сировини є ті рециркуляти, що повертаються на уварювання утфелю I кристалізації, тому що ступінь перетворення цукру у вакуум-апаратах першого ступеня кристалізації вищий, ніж у наступних [1]. Кількість води, що рециркулює з цукром II та III кристалізації, визначається фільтрувальними можливостями центрифуг, що обмежує її величину. Тим більше, що зменшення міжкристалічного розчину на поверхні кристалів цукру II та III кристалізації підвищує його чистоту. Тому кількість води, що рециркулює з цукром II та III кристалізації мало впливає на загальну кількість рециркулюючої води R та питому величину E .

У проаналізованих схемах частка рециркулюючої води змінювалась у межах від 1,3 до 14,0% залежно від типу прийнятої технологічної схеми. Очевидно, що кількість рециркуляту в першу чергу визначається чистотою вихідних продуктів. При цьому можна припустити, що інтервал зміни величини рециркуляту збільшується із підвищенням чистоти продуктів, тобто, чим вище чистота вихідних продуктів, тим в більш широких межах може змінюватись величина рециркуляту. У зв'язку з особливостями, взаємозв'язком та складністю робочих процесів кристалізації потребує подальшого вивчення визначення меж використання рециркуляційних потоків продуктів в кристалізаційних схемах цукрового виробництва.

Таким чином, встановлено вплив величини рециркуляту продуктів у кристалізаційних схемах на кількість випареної води для отримання 1 кг білого цукру, при цьому збільшення частки рециркуляту зменшує енергетичні витрати на випарювання води у вакуум-апаратах по відношенню до одиниці маси білого цукру.

Одержано залежність питомої величини випареної води E від кількості рециркуляту R для різних значень чистоти сиропу, що надходить на уварювання утфелю I кристалізації.

Встановлено вплив чистоти сиропу на питому величину E при заданих величинах рециркуляту R у кристалізаційних схемах цукрових заводів.

Бібліографічний список

1. Гулій І.С. Непрерывная варка и кристаллизация сахара. М.: Пищ. пром-сть, 1976. — 270 с.
2. Гулій І.С., Мирончук В.Г. Кристаллизация // Физико-химические процессы сахарного производства. — М.: Агропромиздат, 1987. — С. 184-216.
3. Инструкция по ведению технологического процесса свекло-арного производства. — М.: ВНИИСП, 1985. — 372 с.
4. Каганов И.Н., Михатова Г.Н. Химико-технические расчеты и учет в сахарном производстве. — М.: Пищ. пром-сть, 1964. — 232 с.
5. Литвак И.М., Архипович Н.А., Барабанов М.И. Расчет продуктов сахарного производства. — Киев: Техніка, 1966. — 259 с.
6. Нагиев М.Ф. Химическая рециркуляция. — М.: Наука, 1978. — 88 с.
7. Сапронов А.Р., Бобровник Л.Д. Сахар. — М.: Лег. и пищ. про-сть, 1981. — 256 с.