

## ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ У ВИРОБНИЦТВІ ЦУКРУ З БУРЯКІВ

Хомічак Л.М. - Національний університет харчових технологій

Суттєве подорожчання паливно-енергетичних ресурсів змушує виробників цукру вишукувати нові резерви та можливості до зменшення витрат палива у технологічному процесі. Якщо прийняти за 100% всі можливі заходи, що сприяють енергозбереженню, то лише близько 30% і них стосуються впровадженню теплоенергетичних рішень, а решта - суто технологічних.

Проблему енергозбереження за сучасної складної економічної ситуації доцільно вирішувати у два етапи:

◆ на першому етапі забезпечити обов'язкову економію палива та енергії у виробничому процесі за рахунок максимальної реалізації організаційно-технічних заходів, які не потребують значних капіталовкладень, що дозволить зменшити питомі витрати умовного палива на рівні 0,6...0,8% до м.б.);

◆ на другому етапі здійснити комплексне впровадження взаємобалансованих технічних рішень, які за рахунок удосконалення технологічного процесу і раціонального розподілу вторинної пари корпусів НУ забезпечать отримання сиропу необхідної концентрації, а також ефективне використання вторинних енергоресурсів (утфельної пари та конденсатів), що дозволить зменшити питомі витрати умовного палива додатково на 1,0...1,2% до м.б.

Враховуючи той факт, що на випаровування 10% води до м.б. за кратності випаровування 2.5 необхідно витратити 4% пари з ТЕЦ та не менше 0.4% умовного палива до м.б. першим і головним етапом робіт по економії палива повинно стати виконання заходів, що зменшують введення води на верстат до рівня:

з дифузійним соком до 100% до м.б. (фактично 110... 130\$ );

і вапняним молоком до  $V <$  до м.б. (фактично 10... 15%  $>$ ;

з промивками та розливами -до 2% до м.б. (фактично 4...15Я ).

Розглянемо більш конкретно вклад окремих чинників технологічного процесу одержання цукру з буряків на її меншення витрати палива.

1. Основний фактор ресурсо- та енергозбереження - підвищення технологічних якостей цукрових буряків. Особливо це стосується підвищення їх цукристості та зменшення зольності (до 0,49/проти існуючої 0,55%) шляхом налагодження закупівлі буряків з цукристістю та організації комплексного обслуговування бурякоздавачів (забезпечення якісним насінням, консультації, нагляд, оцінка пестицидів, протію і якості буряків до виробничого сезону і і.д.). Певним чином не відобразиться і на якості дифузійного соку, що означатиме менший вміст нецукрів а ньому та відповідно менші витрати вапна на його очищення 11).

2. Технічні рішення по зменшенню відбору соку з дифузії та надходження води в соковий потік можуть скоротити витрати палива в перший же рік роботи заводу. Звісно, основним критерієм в такому разі буде вихід цукру до кількості перероблених буряків та його собівартість. Добрим помічником в ньому слугуватиме розроблена в НУХТ комп'ютерна програма з визначення економічної доцільності ступеня знецукрювання бурякової стружки в екстракторах 12).

У зв'язку з цим актуальним стає питання стосовно повертання в екстрактор жомопресової води основним критерієм якого є чистота останньої. Вважаю, що основною причиною низької чистоти жомопресової води є дуже довгий час проведення екстрагування у дифузійному апараті та низький вміст цукрози у "сирому" жомі. Другий аспект - дуже довгий шлях повертання такої води. Наприклад, на цукровому заводі "Люблін" (Польща) жомопресова вода зразу ж після пресів глибокого віджимання без відділення пульпи та збірників направляється в дифузійний апарат. Практика роботи Крижопільського, Чортківського та ряду заводів Білорусі доказала, що таке рішення вигідне та результативне, але за умови сталої високої якості бурякової стружки. Тому сьогодні критерієм реального ресурсозбереження є

максимальне використання потужності дифузійної установки у поєднанні з обов'язковим використанням пресів глибокого віджимання жому та повертання отриманої воли в дифузійний апарат. Застосування дифузійно-пресової технології не тільки дозволяє реально знизити відбір соку на виробництво на 12... 15% (а це рівноцінно зменшенню надходження на верстат заводу продуктивністю 3000 т буряків від 360 до 450 т води за добу), але й підвищити якість дифузійного соку (звісно питання не стоїть про перероблення гнилих буряків).

3. Попереднє вапнування (п/в) (попередня дефекація). Впроваджувалась в шістдесяті роки минулого століття у зв'язку з необхідністю підвищення седиментаційно-фільтраційних властивостей сатураційного соку під час переходу заводів від прес-фільтрів до відстійників та дискових фільтрів. Це сьогодні одна з найважливіших ланок в системі очищення соку. Здійснюється в різних режимах, але з обов'язковим поверненням не менше 60% соку I карбонізації та суспензії соку II карбонізації. Таке проведення процесу п/в не тільки погіршує ефект адсорбційного очищення соку під час наступної карбонізації за рахунок розбавлення концентрації нецукрів, але й зумовлює суттєве підвищення витрати вапна на очищення. Так, наприклад, для підтримання лужності соку основного вапнування 1% СаО на кожні 100 т соку необхідно додати 1 т чистого СаО, що складає 4 т вапняного молока густиною 1,19, якого реально на заводах немає, а фактично для густини 1,16, це 4,6 т, в якому 3,6 т — просто вода. Якщо ж разом з повертаннями кількість соку стане 160 т, то для підтримання такої ж лужності необхідно додати 1,6 т чистого СаО, що складає 7,36 т вапняного молока, з яким в сік буде введено 5,76 т води. Таким чином на кожні 10% повертань приходить додатково додати вапна в кількості 0,1% СаО дом.б., що становить 0,46% вапняного молока, в якому 0,36% води. Це значить, що на кожні 10% повертань для заводу з добовою потужністю 3000 т буряків на верстат за добу додатково з вапняним молоком вливається 10,8 т води, а для 60% повертань це становить додатково 64,8 т води за добу!

Чи існує альтернатива такому становищу? Так, це проведення попереднього вапнування дифузійного соку в режимі ступінчастої прогресивної вапнокарбонізації (дефекосатурації) із зовнішньою рециркуляцією. Тобто в якості повертань буде використовуватися лише суспензія соку II карбонізації в кількості 5...8% до м.б., а для доведення загальної лужності соку п/в до 0,7% СаО застосовується контур зовнішньої рециркуляції. За рахунок зменшення кількості соку на основне вапнування такий захід сприятиме зменшенню витрат вапна на очищення на 0,5% СаО до м.б., або 1,0% вапнякового каменю, що на добу складає 30 т каменю та зменшення кількості води на верстат на 54 т! Такі дослідження завершуються на кафедрі технології цукристих речовин НУХТ і ми готові пропонувати заводам відповідні розробки для реального впровадження. Більш того, попередні аналізи показали, що виконання п/в за таким принципом сприяє ще й додатковому підвищенню ефекту очищення за рахунок більшого ступеня видалення азотистих речовин та зменшенню пептизації утвореного осаду в умовах основного вапнування (в схемі без відділення осаду п/в) 4. Для зниження лужності провапнованого (дефекованого) соку на 0,1% СаО за коефіцієнта використання  $\text{CO}_2$  72% потрібно подати в карбонізатор (сатуратор) приблизно 2 м<sup>3</sup> газу на 1 м<sup>3</sup> соку. Таким чином для I карбонізації витрата газу становить близько 20 м<sup>3</sup> газу на 1 м<sup>3</sup> соку, а для II карбонізації — приблизно 6 м<sup>3</sup> газу на 1 м<sup>3</sup> соку. Як правило, на заводах використовуються решітчасті протиплинні карбонізатори зі ступенем утилізації газу 65% і менше, що спричиняє до додаткової витрати 4...5 м<sup>3</sup> газу на 1 м<sup>3</sup> соку, що не тільки вимагає додаткової електроенергії для його перекачування, але й зумовлює до додаткового охолодження соку на 1...2°C. Тому необхідна модернізація апаратів I та II карбонізації з організацією прямоточно-рециркуляційного режиму проведення, що не тільки підвищує ступінь використання  $\text{CO}_2$  до 75...78%, сприяючи меншому охолодженню соків, але й різко підвищує ефективність адсорбційного очищення соку карбонатом кальцію та покращує фільтраційну

здатність сатураційного осаду. Оптимальніший варіант — здійснення двоступеневої першої карбонізації, що, окрім всього, сприяє ще й багатоваріантності схеми за перероблення буряків різної якості. Накопичений нами досвід по модернізації Саливінківського, Чортківського, Іваничівського, Чернянського та ін. цукрових заводів за таким принципом [4] є яскравим підтвердженням цього.

5. Розділення суспензій. Використання фільтрів типу ФіЛС крім суттєвої витрати тканини вимагає частого контролювання стану міжрамкового простору та вимивання утвореного осаду вручну. Останнє веде до неконтрольованої витрати води, що надходить на верстат, тому, якщо вже доводиться їх мити, то краще це робити соком, а не водою. Найліпшим варіантом є модернізація способу підведення нефільтрованого соку у фільтр, що практично виключає необхідність такого промивання.

Враховуючи наявність на більшості цукрових заводів синтетичних флокулянтів та існуючих і незадіяних корпусів відстійників, надто привабливим постає питання їх використання для розділення суспензій після відповідної модернізації відстійників, що не тільки зменшить витрати тканини та матеріальних затрат на автоматику, але й за рахунок зниження пересичення по карбонату кальцію зумовлює до підвищення якості очищеного соку, особливо соку II карбонізації.

Безальтернативним є питання щодо придбання фільтр-пресів, немає значення, чи на пряме фільтрування, чи на роздільне. І головна причина з точки ресурсозбереження не стільки у зменшенні втрат цукрози з осадом та зменшенні кількості води на промивання осаду (у 2...3 рази у порівнянні з вакуум-фільтрами), скільки в можливості відділення осаду від соку навіть при значенні фільтраційного коефіцієнту  $R_k$  більше 6,0, що практично неможливо для інших фільтрів ( $R_k$  для яких не повинен перевищувати 4). А це реальна можливість спрощення схеми очищення та зменшення витрат вапна на 0,3% CaO до м.б.

Вапняне молоко. Один із самих вагомих недоліків вітчизняної технології бурякоцукрового виробництва є використання вапна у вигляді вапняного молока, на приготування якого майже не використовуються промивки, а лише аміачна вода. Таким чином, за витрати вапна на очищення 2,5% CaO для заводу добовою потужністю 3000 т щодобово доводиться вливати на верстат 11,5% вапняного молока, яке містить 9% води, тобто 270 т за добу (в кращому разі), а це приблизно 0,45% додаткового палива. З метою зменшення кількості води пропонується приготування вапняного молока у дві стадії із застосуванням про-миву сатураційного осаду, що дозволить для такого заводу зменшити кількість води на верстат приблизно на 200...220 т за добу!

Витрата вапна залежить, як відомо, від якості дифузійного соку, а отже в достатній мірі від якості цукрових буряків. Так, за чистоти дифузійного соку 85% за теоретичної витрати вапна 100% до кількості нецукрів його кількість складе 2,34% CaO до м.б., а за чистоти 88% - 1,87% CaO. Велике значення має і активність вапняного молока. Так, зниження активності на 5% зумовлює до збільшення витрати вапна на очищення на 0,12% CaO до м.б., що еквівалентно 0,23% вапнякового каменю до м.б. (7 т за добу)! Нами розроблений спосіб та пристрій пароконденсаційної активації вапняного молока [5], застосування яких дозволяє підтримувати стабільну активність вапняного молока в межах 92...95%, що підтверджується практикою роботи Дубнівського, Ржевського, Валуйського, Саливінківського та інших цукрових заводів.

7. Накип, що утворюється на поверхні теплообмінної апаратури, відноситься до типу лужноземельних. Накип в перших корпусах ВУ складається в основному із карбонатів та залежить від правильності виконання II карбонізації (сатурації). Накип в III корпусі ВУ -т- в основному із малорозчинних солей -кальцію і її кількість залежить від правильності проведення попереднього вапнування, I карбонізації і фільтрування. Накип

же в останніх корпусах ВУ та вакуум-апаратах більш ніж на 50% складається із важкорозчинних солей органічних кислот (шавлевої, лимонної, винної та ін.) і її кількість залежить в основному від якості цукрових буряків (чистоти клітинного соку) та належного проведення процесу екстрагування.

Відомо, що наявність накипу на поверхні нагріву призводить до зниження коефіцієнта теплопередачі: продуктивність чистої поверхні нагріву знижується з 100 до 40...48% за товщини накипу в 1 мм та до 30% за товщини накипу 2 мм.

За рахунок лише утворення накипу цукрові заводи України за сезон перевитрачають до 100 тис. т палива. Тому можна вважати, що вміст залишкових солей кальцію в соку П карбонізації, котрі крім іншого впливають також і на уварювання та центрифугування утфелів, є одним з найважливіших показників його якості. Оцінюючи соки П карбонізації за цим показником, можна вважати, що за вмісту в соку менше 0,3% СаО на 100 сухих речовин (СР) вони мають високу якість, до 0,7% — середню, більше 1,0% на 100 СР - низьку.

Вміст залишкових розчинних солей кальцію в очищеному соку залежить в основному від якісного та кількісного складу аніонів кислот. Головними джерелами таких аніонів є:

цукрові буряки, а саме їх сорт, добрива, що вносилися, умови зберігання; живильна вода;

мікробіологічні процеси на дифузійній установці;

реакції розкладу редукувальних речовин, формаліну, пептизації білкових речовин.

Однією з причин підвищеного вмісту солей кальцію в очищеному соку є також кількість вапна, що витрачається на очищення. Орієнтовно можна вважати, що зміна на 10% кількості вапна на очищення відповідно змінює вміст солей кальцію в очищеному соку на 7...8%.

Зниження вмісту солей кальцію можна досягти:

додаванням соди чи тринатрійфосфату. Недоліком є утворення високодисперсних осадів, що погано фільтруються, та збільшення виходу меляси;

організацією рециркуляційного контуру в апараті ІІ карбонізації та використання відстійників для соку ІІ карбонізації. За цих умов відбувається зниження пересичення соку по карбонатах та укрупнюються частинки осаду, що сприяє ще й покращанню фільтрування.

◆застосуванням спеціальних хімічних реагентів, як правило на основі полімерів акрилової кислоти, котрі мають значну кількість вільних карбоксильних груп, що з'єднуються з іонами кальцію.

8. Вважається, що під час пробілювання утфелю 1 кг промивної води розчиняє в середньому 2,5 кг цукру. Тому кількість промивної води повинна бути мінімальною в залежності від фактора розділення центрифуги, температури води і якості утфелю та повинна складати 2,0...3,5% від кількості утфелю (для заводу добовою потужністю 3000 т це складає від 12 т до 15,5 т води на добу). Значного зменшення розчинення кристалів цукру можна досягнути комбінованою промивкою цукру: спочатку насиченим цукровим розчином, а потім зменшеною кількістю води. В якості цукрового розчину можуть бути сироп, клеровка жовтого цукру ІІ кристалізації, другий відтік утфелю І кристалізації. В такому разі кількість води на пробілювання зменшується вдвічі.

9. Заданими паспортизації цукрових заводів України витрати свіжої води в середньому складають 420% до м.б., а кількість стічних вод - 220% до м.б. Це дуже великі показники. Підвищення витрати свіжої води і скидів - це результат порушення температурного і водного режимів зворотних систем. Наприклад, недоохолодження зворотної води І категорії на 1°C призведе до збільшення витрат її на 40% до м.б. Тому необхідно підвищувати ефективність роботи охолоджувача, звернувши увагу на роботу вентиляторів.

10. Основними технологічними критеріями ефективного ресурсозберігаючого проведення процесу одержання цукру з буряків є:

- ◆ ритмічна робота заводу з ефективним очищенням сировини та відповідною підготовкою ножів і бурякорізок, заміна ножів за погодинним графіком;

- ◆ відбір соку з дифузії в межах 112... 115% за максимальної різниці між цукристістю стружки та СР соку 1%;

- ◆ мінімальне розбавлення соку до випарної установки (максимум 1,4%) за рахунок підготовки вапняного молока високої активності та максимально можливої з точки зору текучості густини і зменшення кількості промивань;

- ◆ одержання сиропу не менше 65% СР для звичайних вакуум-апаратів та 71 % СР — для вакуум-апаратів з механічними циркуляторами;

- ◆ проведення процесу уварювання утфелів без сокових та водних підкачок за рахунок маніпуляції розрідженням;

- ◆ пробілювання цукру в дві ступені із впровадженням системи фірми "Опекс".

Для досягнення витрати палива в межах 3,6...4,1% до м.б. цукровий завод повинен дотримуватися вимог, перелічених у табл. 1.

Відбір соку (відкачка)	до 115% до м.б.
Температура дифузійного соку	близько 30°C
СР дифузійного соку	близько 15%
СР перед ВУ (падіння до 1,4%)	14%
Вода з промивками	до 2%
Кількість повернень на п/в	до 25% до м.б.
Втрати температури від дифузії	максі 2°C
Ефективність ВУ	не менше 2,5
Температура конденсату від	95°C.

## *ЛІТЕРАТУРА*

- 1.Нагорная В.А. Современная техноло-гия очистки диффузионного сока: Учебное пособие. -К.: ИПК Госпи-шепрома Украины. —1992. -129 с.
- 2.Масліков М.А. Оптимальна відкачка дифузійного соку та її визначення / Наукові праці НУХТ. -К...: НУПТ. -2003. -№ 14.-С. 38-39.
- 3.Логвин В.М. Петриченко І.Б., Резні-ченко Ю.І. Спосіб проведення попереднього вапнування дифузійного соку/Деклараційний патент України № 64410 .- А МПК 6С 1303/02. -Опубл. 16.02.2004-Бюл. № 2.
- 4.Підвищення ефективності роботи са-тураторів бурякоцукрового виробництва// Хомічак Л.М., Петриченко І.Б., Виговський В.Ю. та ін./ Цукор України. -№2 (26). -2002. -С. 20-22.
- 5.Хомічак Л.М., Верченко Л.М., Калі-ніченко О.М. Активація вапняного молока в цукровому виробництві/ Цукор України -№ 3(27). -2002. -с.26-28.