



Отримання дифузійного соку високої якості – основна задача у виробництві цукру

*Хоменко Микола Дмитрович, професор кафедри
виробництва цукру та сахаридів ІПДО НУХТ,
доктор технічних наук*

Цукор є одним із основних продуктів харчування людини.

При спілкуванні зі спеціалістами цукрових заводів, часто, а майже завжди, виникали питання стосовно труднощів в проведенні процесу сокодобування і недоліків в роботі дифузійних апаратів (дифузійних установок).

Необхідно розібратись у цьому питанні.

Головною метою і задачею бурякоцукрового виробництва, є:

- вилучити максимальну кількість цукру із перероблених буряків;
- виробити цукор високої якості;
- виробити цукор низької собівартості, тобто *конкурентоздатного на світовому*

ринку!

Досягнення цієї мети багато в чому залежить від ступеню досконалості та успішного проведення одного з найважливіших технологічних процесів – сокодобування /1, 2/.

Відповідаючи на ці наміри констатуємо, що завдячуючи запропонованій, чітко описаній теорії протитечійного процесу екстракції цукру нашим співвітчизником проф. Силіним П.М. – ми можемо досягти поставленої мети. Теорія Силіна П.М. – являє собою важливий етап у пізнанні процесу сокодобування.

Альтернативної теорії ще ніхто в світі не запропонував!

Розглянемо і відновимо в пам'яті суть даної теорії.

$$S = D \cdot F \cdot \frac{(C - c)}{d/4} \cdot \tau$$

де: S – кількість екстрагованого цукру;

$D = \frac{kT}{n}$ – коефіцієнт дифузії;

C – середня концентрація нормального соку в середині стружки за весь час екстракції;

c – середня концентрація соку ззовні стружки;

d – товщина стружки;

F – загальна площа поверхні 100 г стружки;

τ – тривалість екстрагування

Для практичного впровадження цієї теорії - у світі запропоновані різні типи дифузійних апаратів: колонні, похилі двохшнекові, ротаційні, та ін. на різну продуктивність, в яких, виходячи з теорії Силіна П.М. – *основним параметром для забезпечення ефективної роботи дифузійного апарата являється стружка отримана із цукрових буряків.*





Якісною буряковою стружкою визначаються, регулюються і підтримуються основні параметри роботи дифузійного апарата:

- питоме навантаження об'єму;
- строго протитечійне переміщення стружки і висолоджуючої рідини (соку);
- підтримання оптимального температурного режиму по довжині чи висоті апарата;
- термін проведення процесу екстракції;
- відкачка дифузійного соку;
- вміст СВ і доброякісність (Дб) дифузійного соку;
- вміст цукру в жомі;
- невраховані втрати цукру в процесі екстракції /1, 2/.

Як висновок, можна стверджувати, що причиною незадовільної роботи дифузійних установок, в першу чергу, *може бути неякісна бурякова стружка.*

Високоякісну бурякову стружку, яка відрізняється рівномірністю розмірів поперечного перерізу і довжини, чистотою поверхні і мінімальною кількістю браку, можливо одержати при виконанні таких вимог:

- достатньо повне відділення від коренів буряків сторонніх домішок і забруднень;
- мінімальне пошкодження і подрібнення коренів буряків;
- якісна підготовка бурякорізок до експлуатації;
- *якісна підготовка та установлення бурякорізальних ножів в ножові рами;*
- забезпечення високої кваліфікації набирачів ножів;
- своєчасна заміна бурякорізальних ножів /1, 3/.

На основі вивчення і аналізу ситуації на діючих цукрових заводах, і на основі наших визначень причин неможливості отримати якісну стружку, вважаємо, що основними, серед інших, є *дві основні причини:*

- *неякісна підготовка сировини до перероблення;*
- *неякісна підготовка бурякорізальних ножів, що сумісно не сприяють отриманню високоякісної бурякової стружки.*

Якщо на заводі не виконуються якісно ці дві вимоги – високоефективної роботи дифузійної установки і високих показників роботи цукрового заводу в цілому - *досягнути неможливо.*

Продуктивність дифузійної установки, при максимальній концентрації дифузійного соку і мінімальних втратах цукру в жомі, визначає продуктивність цукрового заводу по переробці цукрових буряків.

На нашу думку, логічно можна розділити технологічну схему цукрового заводу на два етапи «до і після».

Перший етап – підготовка буряків до перероблення: якісне очищення від сторонніх домішок і забруднень, отримання високоякісної стружки; отримання дифузійного соку високої доброякісності і чистоти.

Другий етап – очищення дифузійного соку, випарювання, уварювання утфелів, отримання кристалічного цукру високої категорії.

Задача першого етапу – *провести роботу з буряками* з мінімальними втратами бурякомаси і цукру, мінімальними витратами свіжої води, електроенергії та





реагентів для її очищення, з мінімально можливими затратами робочої сили.

Виконання другого етапу, при умові отримання високоякісного дифузійного соку, *дозволить*: зменшити витрати вапна на очищення, фільтрувальних тканин, паливно-енергетичних ресурсів, робочої сили, втрат цукру у виробництві, та отримати при цьому кристалічний цукор першої категорії.

Розглянемо ці питання.

Неякісна підготовка сировини - очистка від сторонніх домішок і відмивання від зв'язаних забруднень. – це перша причина, що не дозволяє отримати високоякісну бурякову стружку.

Відділення сторонніх домішок і відмивання коренів буряків від зв'язаних забруднень відбувається при усіх наявних процесах при роботі з буряками на призаводських бурякопунктах і в бурякопідготовчих відділеннях цукрового заводу:

- розвантаження транспортних засобів при укладанні сировини на збереження, чи безпосередньо на перероблення через буртоукладальні комплекси - *відділяються легкі і важкі домішки та мілкі фракції бою сировини;*

- при гідравлічному розвантажуванні і гідравлічному транспортуванні сировини на перероблення - *відмокає земля, частино відмиваються корені від зв'язаної землі;*

- в станції очистки буряків на установленому обладнанні - *відділяються і виводяться сторонні домішки;*

- в мийному відділенні - *відмивається зв'язана земля, виводяться домішки;*

- на додаткових вузлах з використанням кінетичної енергії високонапірного струменю води і потенційної енергії потоку стисненого повітря, якщо вони впроваджені на заводі - *відмиваються корені буряків, відділяються і виводяться домішки.* Як показує аналіз якості відмивання буряків на діючих заводах (навіть з високотехнологічними мийними відділеннями) – залишкова забрудненість ґрунтами залишається великою /1, 2, 4, 6/. А що ж на інших технічно відсталих цукрових заводах? Таких проблем значно більше.

З метою підвищення якості сировини до перероблення, з урахуванням характеристики ґрунтів зони вирощування буряків конкретно взятого цукрового заводу, особливо в зонах з важкими: чорноземними, глинистими і суглинистими ґрунтами, якими значно більше забруднена сировина, (при мінімальних капітальних затратах) - **пропонуємо** - для вимивання (видалення) зв'язаних ґрунтів із бороздок і впадин коренів буряків, використовувати кінетичну енергію струмнини (струї) води високого тиску, що діє на коренеплід цукрового буряка.

На основі проведених теоретичних та дослідницьких робіт визначено залежності і кількісні величини дії кінетичної енергії струменю води на коренеплід цукрового буряка: тиск води P ; витрати води V ; швидкість витoku води із щілини v ; потужність струменю води W виражена через тиск $P/4$.

Дані залежності показують вплив параметрів на результат ступеню відмивання коренів буряків і енерговитрати. Для практичного використання необхідно підбирати оптимальні величини цих параметрів з урахуванням конкретних умов, для конкретно взятого цукрового заводу /4, 6/.

Фізика процесів визначається розкладом і кінематикою сил потужності струменя води на поверхню коренеплода /4/.



Корені буряків *обертаються транспортуються* по робочій поверхні дисками водовіддільника і попадають під дію потужних пласких (по усій ширині робочої поверхні) струменів води, які формуються в сопло апарати і виходять з великою швидкістю зі шілин шириною 5, 4, 3 мм під кутом 90° та 70° до напрямку переміщення потоку буряків. Потужна дія струї води з великою кінетичною енергією входить тангенціально у взаємодію з коренеплодом, стримує його горизонтальне переміщення, при цьому корінь декілька разів обертається в полі дії пласкої струї всією своєю поверхнею і при цьому миттєво видаляється *уже розмокший ґрунт із бороздок і впадин* коренеплодів. В цьому і визначається *інтенсифікація процесу відмивання коренів* в короткий проміжок часу з високою ефективністю. Важливим при цьому є забезпечення рівномірного потоку буряків (бажано в один слой) по робочій поверхні водовіддільника.

Приклад вибору параметрів.

Тиск води, кгс/см ²	Швидкість виходу води, м/с	Витрати води, м ³ /год			Потужність струменя води, Вт		
		Зазор шілини, мм					
		5	4	3	5	4	3
6,0	34,3	52,6	42,1	31,5	8593	6874	5156
8,0	39,6	60,7	48,6	36,4	13229	10583	7937
10,0	44,3	67,9	54,3	40,7	18488	14791	11093
12,0	48,5	74,3	59,5	44,6	24303	19443	14582

Виходячи з приведених гідравлічних залежностей, бачимо, що маса води суцільним потоком діє на коренеплід з максимальною енергією.

$$W = m v^2/2, \text{ Вт}$$

$$W = P V, \text{ Вт}$$

$$P = m v^2/2V, \text{ кгс/см}^2.$$

Роздібнення маси струмини (потоку) води на дрібні частини – це *розсіювання кінетичної енергії*, яка діє на коренеплоди буряків з меншою ефективністю, а значить *малоефективна* відносно *інтенсифікації процесу відмивання*.

Другою причиною, яка не дозволяє отримати високоякісну бурякову стружку - це, на наш погляд – *неякісна підготовка бурякорізальних ножів*. На основі вивчення стану обладнання для відновлення ножів, організації даної роботи, кваліфікації виконавців, контролю якості – *приходиться вимушено стверджувати*, що на більшості діючих цукрових заводів – питання підготовки бурякорізальних ножів є другорядним. **Це дуже велика помилка!**

Найбільш широкого застосування і використання на цукрових заводах України набули фрезеровані безреберні бурякорізальні ножі типу 1011В, що виготовляються із високоуглецевих інструментальних сталей У8 і У8А, а також із високолегованої сталі Сталь 65Г.

Найважливіше при підготовці ножів точно виконати геометрію ріжучої кромки. Найважливішим параметром ножа є товщина пера, оптимальна товщина ріжучої кромки – 0,3 – 0,4 мм. Регламентований профіль ножа з кроком 8,25 мм та кутом при вершині 75° передбачає кут загострення 33±3° і потоншення (фрезерування) на довжину 10-12 мм, і є оптимальним, що підтверджено в процесі експлуатації.

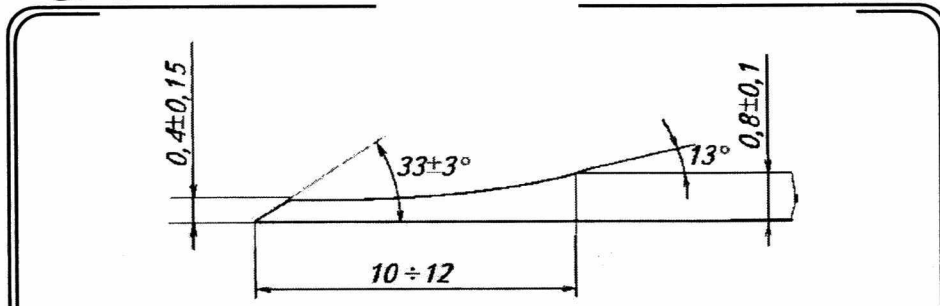
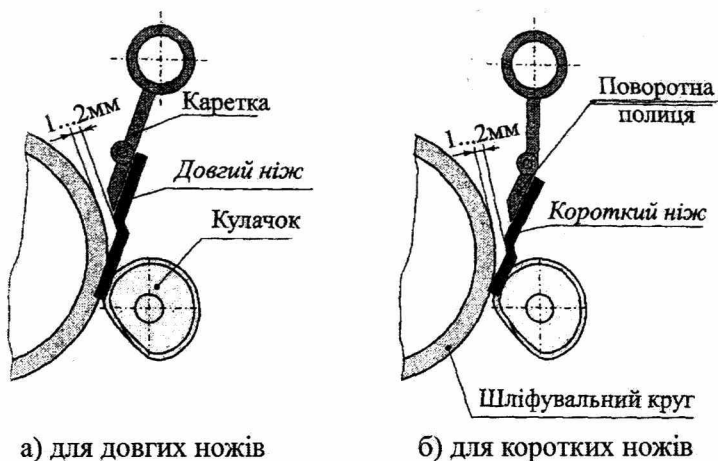


Рис.1. Геометрія заточування різальної сторони пера бурякорізального ножа.

Важливим заходом, що дозволяє покращити якість бурякової стружки, є прогресивний спосіб заточування бурякорізальних ножів за допомогою кругів, покритих кубічним нітридом бора (КУБОНІТОМ), а також технологія заточування, розроблена Інститутом надтвердих матеріалів АН України. Кубоніт є достатньо ефективним абразивним матеріалом для оброблення загартованих інструментальних та інших важкооброблюваних сталей і сплавів /1, 3/. Оброблена кубонітовим способом поверхня ножів виходить гладкою (чистою) без задирок, подряпин, що обумовлює отримання шліфованої бурякової стружки, яка менше подрібнюється в дифузійному апараті, забезпечує протитечійне переміщення стружки і соку по довжині чи висоті апарата, покращуючи тим самим його роботу. Найважливіше – ножі обробляються і заточуються в загартованому стані, без термічної обробки. Чистота обробленої поверхні ножа відповідає 8-9 класу точності (при наявних у світовому машинобудуванні 14-и класах), а їх зносостійкість збільшується в 2,5-3 рази. В порівнянні поверхня ножа оброблена сталевими фрезами відповідає 4-5 класу точності (пропоновані фірмою «Putsch» та ін.), що явно уступає в отриманні високоякісної стружки, в порівнянні з кубонітовим способом.

Для підготовки і відновлення бурякорізальних ножів запропоновані пристрої, верстати та напівавтоматичні лінії, в тому числі: - пристрої, виготовлені кустарним способом на цукрових заводах; - універсально-заточні верстати моделі ЗВ-642 з пристроями ручної подачі ножа; - верстати-напівавтомати Мукачівського верстатного заводу; - верстати-напівавтомати фірми «Корунд», та лінії іноземних поставок /3, 5/.

Серед названого обладнання найбільш ефективними є – верстати-автомати запропоновані фірмою «Корунд», в конструкції яких застосовано принципово новий спосіб базування та подачі ножа. Механізм подачі з регульованим електроприводом дає можливість змінювати термін заточування одного ножа від 1 до 4 хвилин у залежності від товщини і твердості, а також з будь якою довжиною різальної частини, в тому числі і дуже короткі. Оригінальним у цих верстатів є механізм подачі ножа виконаний у вигляді кулачка спеціальної форми, що захватує ніж, підводить його до кубонітового круга, центрує заточуване перо ножа відносно кубонітового круга, здійснює подачу ножа на круг для заточування пера, відводить ніж від круга і переміщує його на наступне перо.



а) для довгих ножів

б) для коротких ножів

Рис. 2. Регулювання повороту полиці картки для заточування різних за довжиною ножів.

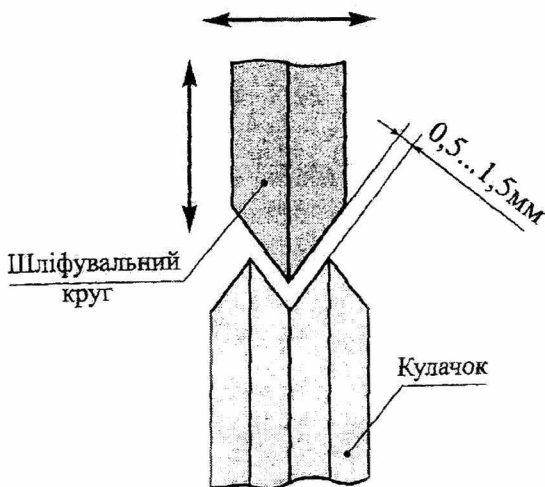


Рис. 3. Центрування замочуваного пера ножа відносно кубанітового круга.

Висока точність і стабільна якість заточених ножів зумовлена тим, що з ножем взаємодіє тільки кулачок верстата, у зв'язку з чим верстат не потребує проведення складних регулювань. Для забезпечення якісного заточування бурякорізальних ножів недостатньо хорошого ножеточильного обладнання, потрібні ще і кваліфіковані спеціалісти-ножеточі [5]. Не менш важливою вимогою, виконання якої забезпечить отримання високоякісної стружки, є збереження цілісності коренеплодів за рахунок удосконалення механізмів і машин, задіяних при збиранні,



навантажувально-розвантажувальних та інших роботах з буряками і ефективної організації праці при їх виконанні /1, 3, 5/.

Висновки

Якісно очищені коренеплоди буряків від сторонніх домішок і зв'язаних забруднень, та якісно відновленні і заточені бурякорізальні ножі – основні умови для отримання високоякісної бурякової стружки, ефективної роботи дифузійних апаратів, отримання дифузійного соку високої якості, що дозволить збільшити вихід кристалічного цукру високої якості, низької собівартості і конкурентоздатного на світовому ринку. Приведені результати, отримані на основі проведених науково-дослідних і експериментальних робіт, які рекомендуються для впровадження у виробництво, дозволять підвищити економічні показники роботи цукрового заводу, в тому числі: збільшити вихід цукру, покращити його якість та знизити собівартість.

Література

1. Хоменко М.Д. Сучасні схеми та обладнання для переробки цукрових буряків. Транспортування, очищення, отримання стружки і дифузійного соку. :Навчальний посібник, -К.: Видавництво «Сталь», 2006.-240 с.
2. Правила усталеної практики 15.83-37-106:2007. Правила ведення технологічного процесу виробництва цукру з цукрових буряків. Нормативно-технічне видання. Видавництво «Цукор України», 2007, - 420 с.
3. Хоменко М.Д. Отримання високоякісної бурякової стружки: Навчальний посібник, -К.: ППК Укрхарчпрому, 1998. -39 с.
4. Хоменко М.Д. Якісна підготовка буряків до перероблення – головна вимога для високоефективної роботи цукрового заводу /М.Д.Хоменко, А.І.Сорокін, К.О.Штангеев, М.К.Кухар В. Д.Саповський, О.П.Чернявський// -К.: Вісник харчової промисловості. Цукрова галузь. 2016, №7. - С.2-10.
5. Адаменко А.П. Отримання бурякової стружки. Узагальнення досвіду – Фірма «Корунд», 2002. – 32 с.
6. Кухар В.М. Прогресивна технологічна схема мийного відділення із використанням сучасних процесів інтенсифікації та обладнання для відмивання цукрових буряків /В.М.Кухар, В. Д.Саповський, М. Д.Хоменко, А.І.Сорокін// Цукор України, 2014. №7 – С.10 – 12.