

Коефіцієнт вилучення цукру – критерій оцінки роботи бурякоцукрового виробництва

М. Д. Хоменко, доктор технічних наук, професор Інституту післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

М. Ф. Калініченко, заступник голови Правління - головний інженер НАЦУ «Укрцукор»

В статті проаналізовано роботу усіх типів дифузійних установок, виявлені проблемні питання щодо підтримання в оптимальних режимах основних параметрів роботи дифузійних установок, наведено рекомендації з їх удосконалення на основі теоретичних викладок і наукових досягнень, з метою підвищення коефіцієнта вилучення цукру, зменшення паливно-енергетичних витрат на технологічні потреби, підвищення якості цукру, зменшення собівартості цукру виробленого із цукрових буряків.

Ключові слова: дифузійні установки, коефіцієнт вилучення цукру, зменшення витрат палива, якість цукру.

В статье проанализировано работу всех типов диффузионных установок, выявлены проблемные вопросы по поддержанию в оптимальных режимах основных параметров работы диффузионных установок, рекомендации по их усовершенствованию на основе теоретических выводов и научных достижений, с целью повышения коэффициента извлечения сахара, уменьшения расхода топливно-энергетических ресурсов на технологические нужды, повышения качества сахара, снижения себестоимости сахара, выработанного из сахарной свеклы.

Ключевые слова: диффузионные установки, коэффициент извлечения сахара, уменьшение расхода топлива, качество сахара

In this article authors analyzed operation of all types of diffusers, problems revealed concerning keeping of main operational parameters of extraction plants in optimal regimes, recommendations for improvement on the basis of theoretical computations and research accomplishments. It was made with the purpose of sugar extraction ratio rise, decrease of fuel-energy consumption for technological purposes, sugar quality increase, cost price reduction of sugar produced from sugar beet. That is to say, that questions were examined that permit to produce sugar competitive in the world market.

Key words: extraction plants, sugar extraction ratio, decrease of fuel consumption, sugar quality

Головною метою бурякоцукрового виробництва є вилучення з бурякової стружки якнайбільшої кількості цукру та отримання дифузійного соку високої чистоти (доброякісності) і густини.

Одним із головних показників ефективності роботи бурякоцукрового виробництва є коефіцієнт заводу, яким визначається ступінь вилучення цукру із перероблених буряків (коефіцієнт вилучення цукру).

Видалення цукрози із бурякової тканини проводиться дифузійним способом (екстракцією), який запропонований в 1833 році нашим співвітчизником Д. А. Давидовим, а широкого практичного застосування набув у 1864 році завдяки винахо-

ду чеха Юліуса Роберта – конструктора дифузора та дифузійної батареї періодичної дії [2, 3].

Досягнення результату значною мірою залежить від ступеню досконалості та успішного проведення одного з найважливіших процесів – сокододобування [1].

Виходячи з головної мети сокододобування, професор П. М. Сілін [2], співставляючи умови найкращого знецукрення стружки з умовами пептизації та накопичення в соках шкідливих для виробництва нектинних і інших речовин, зробив відповідні висновки щодо обґрунтування методу роботи на станції сокододобування, а саме: необхідність забезпечення невеликої тривалості процесу (до 70 хвилин) при не дуже високій

температурі; неперевищення обсягу відкачки – 125% від маси буряків і використання, за можливістю, більш тонкої стружки (що суттєво обмежено для механізованих екстракторів).

З точки зору досягнення високої ефективності експлуатації екстракторів ці висновки проф. П. М. Сіліна є головними «заповідями» для обслуговуючого персоналу цукрового заводу:

1. Слід забезпечувати високу якість стружки, що є найважливішим чинником поліпшення роботи екстрактора.

2. Підтримувати високопродуктивне навантаження та ритмічний режим не намагаючись при цьому зменшити втрати в жомі шляхом збільшення трива-

лості екстрагування й надмірно-го підвищення температури.

3. Деяке збільшення відкачки соку допускається тільки у разі гострої потреби для зменшення втрат цукру в жомі.

Висновки проф. П. М. Сіліна в подальшому отримали підтвердження та набули розвитку як у теоретичних працях вітчизняних і зарубіжних науковців, так і в практиці експлуатації механізованих екстракторів різних типів [3]. Теорія П. М. Сіліна не перевершена та використовується в усіх країнах світу, в яких сировиною для виробництва цукру є цукрові буряки.

Досягти покращення результатів роботи цукрових заводів України, підвищити ефективність їх роботи можливо тільки шляхом подальшої інтенсифікації виробництва за рахунок більш активного використання науки, техніки та досвіду роботи передових підприємств. При цьому головна увага повинна бути зосереджена на їх технічному переозброєнні, економії паливно-енергетичних, матеріальних і водних ресурсів, значному підвищенні якості продукції. Оновлення виробництва має супроводжуватись впровадженням передової техніки та забезпечувати найвищий економічний і соціальний ефект.

Продуктивність дифузійної установки при максимальній концентрації дифузійного соку та мінімальних втратах цукру в жомі визначає продуктивність цукрового заводу з переробки цукрових буряків [3].

Аналізуючи роботу дифузійних установок і дифузійних апаратів, зокрема, на цукрових заводах України виявлено певні недоліки: різкі зміни фактору стружки до фактору жому через подрібнення стружки в апараті; пінення; пробкування; погіршення гідродинамічного процесу в апараті, значні невраховані втрати цукру в процесі екстракції.

Визначальними (передуючими) факторами ефективної роботи дифузійних апаратів є:

- висока якість бурякової стружки;

- термічна обробка стружки (плазмоліз клітин) в менш тривалий час;

- питома навантаження об'єму;

- температурний режим по довжині чи висоті дифузійного апарата;

- відкачка дифузійного соку;

- якість живильної води;

- використання піногасників;

- використання хімпрепаратів для підвищення пружності стружки;

- тривалість процесу екстракції;

- повний автоматизований контроль та управління при проведеному процесу екстракції.

Перспективними для підвищення коефіцієнта вилучення цукру в останній час визначились:

- інтенсифікація процесу плазмолізу (обробка стружки: термічна, електромагнітна, ударно-імпульсна, фізико-хімічна та ін.) бурякової стружки в короткий термін часу;

- впровадження дифузійно-пресового способу вилучення цукру;

- використання в якості живильної води: жомпресової та аміачних конденсатів після їх підготовки;

- повна комп'ютеризація усіх процесів в бурякопереробному відділенні цукрового заводу та ін.

Розглядаючи визнання та широке практичне застосування теорії протигетійної екстракції (дифузії) цукру з бурякової тканини (буряків), розробленої професором П. М. Сіліним у 1923 році [2, 3] констатуємо, що теоретичні висновки являють собою важливий етап у пізнанні даного процесу.

Не дивлячись на те, що цукроза та інші речовини (нецукри) містяться в клітинах бурякової тканини в розчинному ста-

ні, знецукрення стружки є чисто екстракційним процесом, який проходить у дві основні стадії [2]. Перша стадія – це молекулярна дифузія цукру в середині стружки до її зовнішньої поверхні (внутрішня дифузія), а друга – масообмін на поверхні стружки, тобто перенесення цукру з поверхні стружки в масу рідини, що її омиває, шляхом молекулярної дифузії та конвекції (зовнішня дифузія). Тому до описання й визначення процесу знецукрення бурякової стружки придатні теорії тепло- та масообміну, вирівнювання концентрацій та ін., які описуються законом А. Фіка (1855 рік) для стаціонарного процесу.

Професор П. М. Сілін перетворив рівняння А. Фіка у вираз:

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

де: S – кількість екстрагованого цукру;

$D = \frac{k \cdot T}{\eta}$ – коефіцієнт дифузії;

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

c – середня концентрація соку ззовні стружки за весь час екстракції;

d – товщина бурякової стружки;

F – загальна площа поверхні стружки, що відповідає 100 г наважки стружки;

τ – час активної екстракції, тобто час контакту нагрітої стружки з соком до моменту її виведення з апарата.

Це рівняння дозволяє уявити взаємозв'язок окремих фізико-хімічних факторів роботи екстракторів (дифузійних апаратів), таких як: якість бурякової стружки; різниця концентрацій; температура; відкачка; тривалість процесу.

Аналізуючи формулу П. М. Сіліна бачимо, що коефіцієнт вилучення цукру прямо пропорційно залежить від загальної площі поверхні стружки, відкритої для переходу цукрози в роз-

чин, від різності концентрацій в стружці та омиваючій рідині. Загальна площа поверхні стружки визначається товщиною бурякової стружки, тобто чим тонше стружка, тим більша її загальна поверхня зрізування в фіксованій масі стружки й більша площа відкрита для масообміну. З формули витікає, що дифузійні апарати повинні працювати на достатньо тонкій стружці.

Але в умовах сьогодення проблематичним є отримання високоякісної бурякової стружки із не зовсім якісної сировини та робота дифузійних апаратів безперервної дії усіх типів: колонних, похилих шнекових, ротаційних на тонкій стружці.

Високоякісну бурякову стружку, яка відрізняється рівномірністю розмірів поперечного перерізу та довжини, чистою поверхнею й мінімальною кількістю браку, можливо отримати при виконанні таких вимог:

– достатньо повне очищення буряків від сторонніх домішок і забруднень;

– мінімальне пошкодження та подрібнення коренів буряків;

– якісна підготовка бурякорізків до експлуатації;

– якісна підготовка та встановлення бурякорізних ножів в рами й бурякорізки;

– забезпечення високої кваліфікації набирачів ножів;

– своєчасна заміна бурякорізних ножів [4].

Термічна обробка (плазмоліз) бурякової стружки в короткий термін є також проблематичною. Для швидкого нагріву стружки перед надходженням її в екстрактор застосовуються передошпарювачі та ошпарювачі. Ошпарювачі сконструйовані виходячи з терміну знаходження в них стружки та потенціалу теплоносія. Теоретично необхідний час теплової дії складає 10–12 хвилин при температурі 70–75С° [1, 2, 3].

Типовими для установок з колонними апаратами як

невід’ємного вузла є вітчизняні виносні ошпарювачі ОС-15/20 і ОС-25/30М [1,3], а також ошпарювачі зарубіжних фірм «БМА» і «Буккау-Вольф», які конструктивно та за веденням процесу аналогічні нашим вітчизняним типу ОС.

При експлуатації установок з похилими шнековими і ротаційними дифузійними апаратами не передбачено комплектувати їх ошпарювачами стружки. Температурний плазмоліз стружки проводиться безпосередньо в апараті, зменшуючи частину об’єму і довжини апарата як екстрактора. А це є великим недоліком, тому що при такому апаратному оформленні відсутній швидкий плазмоліз стружки та інтенсифікація процесу екстракції, а також додаткові невраховані втрати цукру. Зусилля науковців з розробки протитечійного ошпарювача стружки типу А2-ПОБ-30 [1, 2, 3] і його аббревіатурні назви Р3-ПЛЮ-3 та Ш1-ПІ4І6 для комплектування похилих двошнекових дифузійних апаратів, а також розробка теплообмінної секції в ротаційному апараті марки Ш1-ПДА не знайшли широкого впровадження і залишились на стадії експериментальних зразків, як і інші запропоновані раніше конструкції для теплової обробки бурякової стружки. Проблема вимагає позитивного вирішення як один із перспективних заходів для підвищення коефіцієнта вилучення цукру.

Головним недоліком роботи похилих шнекових дифузійних апаратів є зниження їх показників при експлуатації з продуктивністю нижче номінальної. Недовагаження апаратів типу ДС (DdS) до рівня паспортної продуктивності призводить до погіршення якості отриманого дифузійного соку: збільшення розкладання цукрози, що, у свою чергу, спричиняє зростання неврахованих втрат цукру в дифузії [3]. Експлуатувати похилі шнекові дифузійні апарати з продуктивністю нижче но-

мінальної дуже важко, оскільки виникають додаткові ускладнення: перевантаження електроприводу по струму; порушення протитечійного переміщення стружки та соку по довжині (чи висоті) апарата; утворення пробок по довжині апарата; порушення температурного режиму в апараті, а також через погіршення якості дифузійного соку в апараті, погіршується робота станції фільтрації цукрового заводу [3].

Позитивним і перспективним для підвищення коефіцієнта вилучення цукру є впровадження в бурякоцукровому виробництві дифузійно-пресового способу. Сутність цього способу полягає у тому, що процес екстракції цукру з бурякової стружки проводиться у відповідності до класичної теорії сокодобування – до залишкового вмісту цукру в висолодженій стружці (жомі) рівному 1,0–1,5% до маси буряків.

При глибокому пресуванні до 25–30% СВ такого жому в жомопресову воду переходить цукор, який і повертається в дифузійний апарат з живильною водою. В пресованому жомі залишковий вміст цукру складає 0,3–0,4% до маси жому.

Перевагою дифузійно-пресового способу, виходячи з теорії П.М. Сіліна, окрім інтенсифікації процесу екстракції, також є підвищення доброякісності дифузійного соку за рахунок скорочення терміну екстракції т. Виходячи з експериментальних даних і досвіду експлуатації дифузійних апаратів відомо, що різниця концентрацій $C - c$ (див. формулу) в кінці процесу не велика. Тому для вирівнювання концентрацій необхідний значний проміжок часу. При цьому з розвареної стружки в дифузійний сік переходить значна кількість нецукрів, знижуючи доброякісність дифузійного соку. Впровадження дифузійно-пресового способу дозволяє:

– збільшити продуктивність дифузійних установок до 200%

(досвід цукрових заводів Польщі, Білорусії та ін.);

- підвищити якість дифузійного соку;
- зменшити втрати цукру в дифузії;
- зменшити відкачування соку;
- зменшити використання свіжої води;
- зменшити кількість стічних вод;
- зменшити витрати палива на сушіння жому [2,5].

Не менш важливим для підвищення ефективності роботи дифузійних установок з метою підвищення коефіцієнта вилучення цукру є впровадження досконаліх схем відділення пульпи від дифузійного соку та виведення її з верстата заводу. Пульпа (мезга) є зовсім небажаною домішкою в дифузійному апараті та в дифузійному соку, а тому її необхідно видалити з верстата заводу з жомом. Повернення пульпи (мезги) в дифузійний апарат недоцільно тому, що вона уже перебувала в умовах високої температури, а продовження терміну перебування в таких умовах при поверненні в апарат призводить до її повного розварювання та переходу розчинних нецукрів у дифузійний сік. Встановлено, що в загальну (сумарну) кількість нецукрів пульпи входить 2,5–2,9% розчинних нецукрів і приблизно 5% м'якоті, яка містить половину протопектину. Зі збільшенням в дифузійному соку пульпи технологічні показники очищеного соку різко погіршуються. Наприклад, при вмісті 10 г пульпи в одному літрі – чистота соку II сатурації зменшується на 1,3%, а ефективність очищення на 10%. Крім того, в 2–3 рази збільшується вміст колоїдів, пектинових речовин і солей кальцію, в 2 рази зменшується натуральна лужність соку I сатурації, порівняно з соком, що не містить пульпи, різко зростає каламутність соку, що вимагає додаткових витрат активно-го вапна на очищення соків.

Економічне обґрунтування доцільності очищення дифузійного соку від пульпи з відведенням її після обезцукрення з верстата заводу разом з жомом з прикладами та розрахунками приведені в працях (див. [2, 3 і 6]).

Говорячи про вміст пульпи в дифузійному соку та негативний вплив на технологічні процеси на верстаті заводу, необхідно знати причини від яких залежить її кількісна величина, а це:

- якість цукрових буряків: кондиційність, тургор бурякової тканини, цілісність коренів, ступінь забрудненості, та ін.;
- якість бурякової стружки: однорідність за профілем і товщиною, мінімальна кількість пульпи і браку та ін.;
- додержання оптимальних параметрів роботи дифапарата: питоме навантаження об'єму, температурний режим, обсяг відкачування соку, СР дифсоку, вміст цукру в жомі, термін процесу екстракції та ін.;
- подрібнення стружки в процесі транспортування по довжині (чи висоті) дифапарата та ін. [2, 3, 4].

Важливим фактором в роботі дифузійних апаратів є якість живильної води та стерильність процесу екстракції. Необхідно постійно підтримувати в робочому стані схему й обладнання для обробки живильної води.

В якості живильної води можна використовувати: чисту воду – це барометрична вода; жомопресову воду; аміачні конденсати. Досвід показує, що не варто використовувати для живлення дифузійних апаратів барометричну, ставкову або річну воду без попередньої її обробки, оскільки ці води мають велику забрудненість мінеральними та органічними речовинами, а також велику мікробіологічну зараженість. Рекомендується в якості живильної води використовувати всю жомопресову воду та всі залишкові аміачні конденсати, а недостачу доповнювати барометричною водою.

Глибоке пресування жому та повернення в дифузійний апарат отриманої жомопресової води без спеціальної хімічної очистки збільшує загальний вміст нецукрів в дифузійному соку та призводить до певного зниження його доброякісності.

Використання аміачних конденсатів в якості живильної води потребує виведення аміаку, тобто проведення деамонізації запропонованими способами: закипання конденсатів у вакуумі; продування повітря через аміачні конденсати в десорбційних колонах; продування спеціально підготовленою парою; в електричному полі через спеціальні біполярні мембрани способом електродіалізу та ін.

Науковими працівниками та науковими організаціями, виходячи з досвіду роботи цукрових заводів, запропоновано схеми та обладнання підготовки окремих складових живильної води, а також змішаних вищеприведених вод [1, 2, 3, 5].

При підготовці живильної води були запропоновані хімічні препарати, які, крім вилучення цукру, повинні забезпечити підвищення пружності та міцності стружки, а також зменшувати корозійний знос дифузійного апарата. Найбільшу зацікавленість набули запропоновані схеми з використанням ортофосфорної кислоти та подвійного неамонізованого суперфосфату, сірчаноокислого алюмінію [1, 5].

В останній час запропоновано сучасні хімічні препарати для покращення умов ведення процесу екстракції, які розглядались на щорічних науково-технічних конференціях цукровиків України.

Обов'язковим процесом в бурякоцукровому виробництві є сульфатація живильної води для дифузії до рН=5,6–6,2 (може змінюватись залежно від якості сировини – в межах 5,6–7,1) [2, 5].

Отже, зменшення додаткових витрат виробництва та підвищення ефективності роботи потребує системного підходу та має досягатися за рахунок реалізації комплексу організаційно-технічних заходів з підготовки й експлуатації дифузійних апаратів, у тому числі необхідний:

1. Правильний вибір апарата для установки на заводі, його фактична продуктивність повинна становити не нижче 90–95% від номінальної.

2. Суворе підтримання погодинної продуктивності на рівні завдання, відхилення не повинно перевищувати $\pm 5\%$, рівень відбору соку має відповідати заданій годинній продуктивності.

3. Забезпечення надійного функціонування всіх контурів системи автоматизації.

4. Забезпечення роботи екстрактора на тонкій буряковій стружці.

5. Покращення теплової обробки стружки за рахунок удосконалення роботи ошпарювача.

6. Використання переваг глибокого віджимання жому та повернення жомопресової води в дифузійний апарат.

7. Виробдження схем підготовки та використання жомопресової води і аміачних конденсатів.

8. Використання піногасників та дезінфектантів.

9. Удосконалення окремих вузлів екстракторів: ситових пристроїв, транспортуючих систем, завантажувальних і вивантажувальних систем стружки та жому, систем теплопередачі та ін.

Необхідно враховувати, що для нормального ведення процесу знецукрення бурякової стружки велике значення мають:

– оптимальне навантаження об'єму апарата стружкою, яке повинно бути у межах 0,6 т/м для похилих і 0,68–0,72 т/м для колонних апаратів;

– якість живильної води: рН=5,8–6,2, відсутність домішок, стерильність;

– ступінь віджимання жому в межах 18–25% СР і більше (залежно від способів його подальшого використання);

– стерильність середовища в екстракторі та ін.

Більш повні та ґрунтовні рекомендації щодо способів і методів ведення процесу екстракції, підтримання оптимальних питомих навантажень, температурних режимів, підготовки якісної живильної води, боротьби з мікрофлорою, використання обладнання та інші питання, які забезпечать підвищення коефіцієнта вилучення цукру із бурякової тканини висвітлено в приведених до статті літературних джерелах. ■

Список використаних джерел

1. Хоменко Н.Д., Куценко Б.А. Современные технологические схемы и оборудование свеклоперерабатывающего отделения сахарного завода / Н. Д. Хоменко, Б. А. Куценко. – К. : ИПК Госпищепрома УССР, 1988. – 48 с.

2. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства / А. Р. Сапронов. М. : Агропромиздат, 1986. – 461 с.

3. Хоменко М.Д. Сучасні схеми та обладнання для переробки цукрових буряків. Транспортування, очищення, отримання стружки і дифузійного соку // М. Д. Хоменко, навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів; практичний посібник для працівників цукрових заводів. – К. : Видавництво «Сталь», 2006. – 240 с.

4. Хоменко М. Д. Отримання високоякісної бурякової стружки // М. Д. Хоменко, навчальний посібник. – К. : ІПК Укрхарчпрому, 1998. – 39 с.

5. Правила ведення технологічного процесу виробництва цукру з цукрових буряків. Правила установлені практики 15.83-37-106:2007. – К. : Вид-во «Інформаційно-аналітичний центр «Цукор України». – 418 с.

6. Вплив пульпи на якість дифузійного соку / М.Д. Хоменко, К.Д. Скорик, М. Є. Козицька, В. П. Чунахіна // «Цукор України». 2001. – №5. – С. 9–10.

Рецензент: В. О. Штангесв, д. т. н., проф.

ЦІКАВІ НОВИНИ

У Латвії кілограм незвичайного цукру продають за 5000 доларів

Як передає Телеграф.lv, дивовижний товар з'явився на міжнародному сайті-аукціоні ebay.com – радянський цукор, вироблений в Латвії. Початкова ціна раритетного продукту споживання – 5000 доларів США.

Відповідно до етикетки кілограмова упаковка виготовлена на Єлгавському цукровому заводі. Рік виробництва невідомий. Навряд чи цю покупку можна вживати в їжу - швидше за все вона продається для колекціонерів.

Єлгавська цукрова фабрика припинила свою роботу вже три роки тому, але в магазинах до серпня продавався цукор під маркою Jelgavas cukurs. Правда, його розфасовувала і поширювала Данська фірма Danisco Sugar, яка викупила залишки виробленого на Єлгавському заводі цукру. В минулому році у пачки був розфасований останній цукор Єлгавського виробництва. Тоді прогнозувалося, що він буде розкуплений за декілька місяців. Насправді цукру вистачило майже на рік. Вироблений на цукровій фабриці в Єлгаві солодкий пісок в Латвії вже з літа не продається.

За матеріалами Телеграф.lv