

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КРАМАР ВОЛОДИМИР ГЕНРІЄВИЧ

УДК 664.1.034

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРЕСОВО-ДИФУЗІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
СОКОДОБУВАННЯ В ЦУКРОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ

05. 18. 12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних і фармацевтичних виробництв

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Київ – 2003

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор **Малежик Іван Федорович**, Національний університет харчових технологій, завідувач кафедри процесів і апаратів харчових виробництв та технології консервування.

Офіційні опоненти:

1. Пушанко Микола Миколайович, доктор технічних наук, професор кафедри технологічного обладнання харчових виробництв Національного університету харчових технологій.
2. Осадчий Леонід Мартинович, кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник УкрНДІ цукрової промисловості Міністерства аграрної політики України.

Провідна установа: Інститут харчової хімії і технології Національної Академії Наук України та Міністерства аграрної політики України

Захист відбудеться “ _____ ” грудня 2003 р. о _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.02 в Національному університеті харчових технологій за адресою: 01033, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий “ _____ ” _____ 2003 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради

к.т.н., доцент

Зав’ялов В.Л.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Однією з основних технологічних операцій бурякоцукрового виробництва є отримання дифузійного соку. Від ступеня досконалості проведення цього процесу багато в чому залежать ефективність роботи наступних станцій заводу, якість та вихід готової продукції, витрата паливно-енергетичних ресурсів і, врешті, економічні показники виробництва.

Дифузійний спосіб сокодобування, використовуваний нині у цукровій промисловості, є достатньо відпрацьованим і усталеним. Але існує ряд факторів, які ускладнюють оптимізацію співвідношення між втратами цукрози в жомі та кількістю соку, що надходить у подальше виробництво за дифузійного способу. Так, зменшення відбору соку на виробництво за дотримання нормативних втрат цукрози в жомі подовженням тривалості дифузійного процесу на практиці призводить до погіршення якісних характеристик соку внаслідок збільшення переходу в сік нецукрів, а також до зменшення продуктивності дифузійного апарата. Застосування тоншої стружки для збільшення поверхні її контакту з екстрагентом також можливе лише до певної межі, після якої гідродинамічні умови взаємодії фаз в дифузійному апараті погіршуються. Крім того, підтримання відбору соку на рівні 130% до маси буряків для деяких типів дифузійних апаратів є необхідною умовою надійної роботи транспортної системи стружки.

Отже, актуальними є розроблення і впровадження способів сокодобування, здатних забезпечити краще, ніж за дифузійного способу, співвідношення між відбором соку на виробництво, тривалістю процесу та ступенем вилучення цукрози із сировини без погіршення якісних показників отриманого соку.

Одним з напрямів удосконалення процесу сокодобування в цукровій промисловості є розроблення нових перспективних технологій на основі суміщення процесів. До цього напрямку належить і пресово-дифузійна технологія сокодобування з попереднім лужним обробленням стружки (далі – ПДТС), якій присвячена дана робота. Ця технологія об'єднує в собі тепловий і хімічний вплив на бурякову тканину та процеси пресового і дифузійного вилучення цукрози з буряків, що має на меті комплексну інтенсифікацію процесу сокодобування і, як результат, зменшення відбору соку на виробництво та втрат цукрози в жомі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, результати яких викладено в дисертаційній роботі, виконувались згідно з держбюджетною НДР “Створити та впровадити у виробництво пресово-дифузійну технологію сокодобування для цукрових заводів України”, що виконувалась на замовлення концерну “Укрцукор” згідно Договору №13/92 від 27.02.92 р. Робота проводилась УкрНДЦП спільно з Національним університетом харчових технологій.

Автор був виконавцем цієї роботи від НУХТ і разом із співробітниками УкрНДЦП та НУХТ брав участь у плануванні досліджень. На експериментальному комплексі дослідження виконувались автором за участю співробітників лабораторії експериментального

виробництва Яготинського цукрового заводу і відділу очищення соків та сиропів УкрНДЦП. Опрацювання та аналіз результатів дослідів (крім результатів дослідів з очищення соків) виконані безпосередньо автором. Вихідні вимоги на дослідно-промисловий зразок обладнання для реалізації ПДТС розроблені автором спільно із співробітниками УкрНДЦП та НУХТ.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є вдосконалення ПДТС, що передбачає теоретично та експериментально обґрунтований вибір найдоцільніших параметрів проведення процесів, розроблення апаратурних рішень для кожної зі стадій даного способу сокодобування.

Відповідно до поставленої мети були сформульовані такі завдання досліджень:

розглянути теоретичні питання, пов'язані зі здійсненням процесів пресування та екстрагування в рамках ПДТС, виокремити основні фактори впливу на перебіг процесів сокодобування під час пресування та екстрагування;

визначити методику досліджень та розрахункові співвідношення, придатні для описання розглядуваних процесів, сформулювати критерії ефективності досліджуваних процесів;

отримати на основі проведених на експериментальному комплексі дослідів дані щодо: впливу факторів попереднього оброблення на перебіг процесів пресового та дифузійного вилучення цукрози; витрати енергії на пресування стружки; можливого ступеня вилучення цукрози; величини втрат цукрози в жомі; якісних характеристик отримуваних соків;

розробити на основі поєднання теоретичного та експериментального аналізу математичну модель, що враховує основні закономірності перебігу процесів на стадіях пресування і екстрагування та дає можливість прогнозувати кінцевий результат застосування ПДТС щодо відбору соку на виробництво та втрат цукрози в жомі;

зробити висновок про умови ефективного застосування даної технології, визначити інтервали значень основних факторів, що забезпечують найбільшу ефективність процесів вилучення цукрози для даного способу;

проаналізувати можливі варіанти апаратурного оформлення даної технології, вибрати найдоцільніший, подати конструктивні характеристики апаратів, зумовлені особливостями перебігу процесів ПДТС;

розглянути питання економічної ефективності впровадження ПДТС.

Об'єктом дослідження є пресово-дифузійна технологія сокодобування в цукровій промисловості.

Предметом дослідження є застосування лужного оброблення бурякової стружки як першої стадії даної технології, а також вплив лужного оброблення на перебіг подальших процесів сокодобування та ефективність технології в цілому.

Методи досліджень. Експериментальна частина досліджень включала в себе моделювання процесів хімічного, термічного оброблення, пресування та екстрагування на експериментальному комплексі. Ефективність кожного процесу оцінювали на базі матеріа-

льного балансу цільових компонентів твердої та рідкої фаз. На основі результатів аналізів та інших вимірювань для кожної стадії визначали величини цільових функцій. Експериментальні дані опрацьовували за допомогою методів математичної статистики, зокрема одновимірного регресійного аналізу. Модулі пружності, що характеризують етапи деформації шару стружки під час пресування, визначались на основі теорії G.-L. Lanoiselle та ін., що стосується деформації матеріалів рослинного походження з клітинною структурою. Для визначення кінетичних коефіцієнтів процесу дифузії на основі експериментальних даних було застосовано інтервально-ітераційний метод.

Визначення найдоцільніших режимів проведення ПДТС та аналіз її ефективності порівняно з дифузійною технологією виконано методами математичного моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів.

виявлено характер впливу таких факторів, як довжина 100 г стружки, кількість вапна під час хімічного оброблення та температура термічного оброблення на динаміку вилучення пресового соку за постійних значень тиску в умовах пресування без зсувних навантажень;

встановлені закономірності набрякання пресованої стружки в рідині, залежність ступеня відновлення нею початкової маси під час набрякання від ступеня вилучення пресового соку, що дає можливість точніше враховувати зміну матеріальних потоків після переходу стружки на стадію екстрагування;

визначено характер впливу кількості вапна під час хімічного оброблення, температури термічного оброблення та ступеня вилучення пресового соку на зміну кількості браку в стружці після пресування;

запропоновано формулу для врахування впливу погіршення якісних характеристик стружки після пресування на процес екстрагування в дифузійних апаратах ротаційного типу;

на основі відомої теорії пресування рослинної сировини запропоновано числовий метод опрацювання експериментальних даних, що дає можливість за зміною об'єму матеріалу під час пресування протягом певного періоду визначати модулі стисливості різних видів деформації шару матеріалу, проаналізувати вплив різних факторів попереднього оброблення стружки на окремі складові загальної деформації шару сировини;

уточнено величину збільшення кількості необхідної енергії під час пресування стружки порівняно з пресуванням жому в умовах без зсувних навантажень;

виявлено відмінність кінетичних коефіцієнтів процесу екстрагування цукрози з пресованої та непресованої стружки, а саме збільшення коефіцієнта ефективної дифузії під час екстрагування з шару пресованої та набряклої стружки порівняно з непресованою, що пройшла таке ж саме термічне оброблення; встановлено стохастичну залежність відносного збільшення коефіцієнта ефективної дифузії в пресованій і набряклій стружці порівняно з непресованою від ступеня вилучення пресового соку з цієї стружки.

Практичне значення одержаних результатів. На основі результатів лабораторних та промислових досліджень доопрацьовано схему та визначено технологічний режим

проведення процесів ПДТС. Запропоновані апаратне оформлення процесів хімічного й термічного оброблення, пресування стружки і екстрагування та запропоновано можливі напрями вдосконалення існуючого обладнання з метою його застосування в схемі ПДТС.

Розроблено та реалізовано на комп'ютері математичну модель процесу сокодобування, що враховує експериментально визначені закономірності й дає змогу прогнозувати кінцевий результат застосування ПДТС на базі ротаційних дифузійних апаратів щодо відбору соку на виробництво та втрат цукрози в жомі.

За результатами проведених досліджень НВО “Цукор” Смілянському КБ видано вихідні вимоги на проектування комплексу обладнання для напівпромислової лінії ПДТС потужністю 200 т буряків на добу.

Особистий внесок здобувача. Автором особисто доповнена чинна методика проведення експериментів, а саме – розроблена методика дослідження процесу набрякання пресованої стружки.

На основі відомої теорії запропоновано метод опрацювання та аналізу експериментальних даних для визначення модулів стисливості різних видів деформації під час пресування шару матеріалу без зсувних навантажень.

Протягом трьох виробничих сезонів проведено досліди на експериментальному комплексі Яготинського цукрового заводу. Виконані опрацювання, аналіз та узагальнення отриманих експериментальних даних.

Розроблено математичну модель для розрахунку кінцевих результатів процесу екстрагування цукрози із пресованої стружки, алгоритм якої реалізовано в комп'ютерному вигляді. За цією моделлю проведено порівняльні розрахунки ефективності ПДТС та дифузійної технології.

На основі отриманої розрахункової моделі проаналізовано результати промислових випробувань даного способу (без хімічного оброблення стружки) на Кременецькому цукровому заводі.

Внесено доповнення до схеми реалізації ПДТС та запропоновано можливі варіанти апаратного оформлення і конструктивних змін існуючого обладнання для застосування в умовах даної технології.

Проведено розрахунки щодо економічних аспектів впровадження ПДТС.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи викладалися в двох доповідях на Міжнародній науково-технічній конференції “Розроблення та впровадження прогресивних ресурсощадних технологій та обладнання в харчову та переробну промисловість” (Київ, 1997).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано п'ять друкованих праць, з них: три – публікації в фахових виданнях, затверджених ВАК України, одна – теза доповіді на міжнародній науково-технічній конференції, одна – патент України на винахід.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Вона викладена на 125 сторінках основного тексту і вміщує 115 рисунків, п'ять таблиць та шість додатків. Список ви-

користаних джерел складається із 125 вітчизняних та зарубіжних назв.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність проблеми вдосконалення процесу сокодобування в цукровій промисловості.

Сформульовано науково-практичну значущість та основні завдання вдосконалення ПДТС на основі всебічного вивчення основних процесів даної технології та розроблення апаратурних рішень для їх здійснення.

У **першому розділі** на основі аналізу літературних джерел і узагальнення виробничого досвіду висвітлено місце ПДТС в загальному процесі розвитку та вдосконалення систем сокодобування в цукровій промисловості. Розглянуто основні переваги та недоліки систем сокодобування, застосовуваних у різний час, вказано, що практична реалізація переваг ПДТС можлива у разі застосування попереднього лужного оброблення стружки для кращого збереження її якісних показників та проведення екстрагування в екстракторі ротаційного типу – найменш чутливого до якості бурякової стружки.

Визначено основні етапи ПДТС:

хімічне оброблення свіжої стружки розчином підвищеної лужності (вапняного молока у воді чи в дифузійному соку);

термічне оброблення стружки (водою або дифузійним соком);

пресування стружки після хімічного та термічного оброблення;

екстрагування цукрози з відпресованої стружки;

пресування стружки (жому) після екстрагування.

Розглянуто механізм та основні закономірності процесів, що їх включає в себе ПДТС. Відібрано теорії, застосування яких доцільне для проведення досліджень. Зокрема, для процесів пресування бурякової стружки після хімічного та термічного оброблення запропоновано застосувати теорію G.-L. Lanoiselle та ін. Для опрацювання експериментальних даних з метою визначення кінетичних коефіцієнтів процесу екстрагування вибрано інтервально-ітераційний метод, що ґрунтується на аналізі концентраційних кривих процесу екстрагування (автори – Ю.О. Заєць, В.М. Лисянський, С.І. Блаженко). На основі аналізу літературних джерел визначено основні співвідношення, придатні для узагальнення результатів експериментальних досліджень та побудови математичної моделі вилучення цукрози із сировини за умов ПДТС.

Окреслено коло питань, вирішення яких потрібне для практичної реалізації даної технології. Визначено основні завдання дослідження кожної зі стадій ПДТС, встановлено необхідні значення діючих факторів та інтервали варіювання досліджуваних параметрів для проведення експериментальних досліджень.

У **другому розділі** описаний експериментальний комплекс, на якому проводились дослідження, подані методика проведення експериментів, фактори варіювання та основні формули, за якими розраховували значення цільових функцій.

Експериментальний комплекс установлений на експериментальному виробництві

Яготинського цукрового заводу і складається з апарата для хіміко-термічного оброблення, збірників для підготовки (нагрівання або охолодження) екстрагента, гідравлічного преса, щита КВПіА. До того ж застосовувався лабораторний дифузійний апарат, встановлений окремо від основного обладнання комплексу.

Апарат для хіміко-термічного оброблення конструктивно виконано як окрему секцію багатосекційного ротаційного ошпарювача, тому взаємодія стружки і соку в ньому відбувалась за тими ж самими циклами, що і в реальному секційному апараті, тобто прямиотечійна взаємодія рідини зі стружкою у нижній частині секції; відокремлення стружки від рідини за допомогою перфорованого ковша і контакт її з повітрям (переміщення дренажним каналом без рідини); занурення стружки в рідину.

В апараті для хіміко-термічного оброблення порція стружки (25 кг) проходила спочатку хімічне оброблення розчином підвищеної лужності (вапняного молока в воді або дифузійному соку) за додержання потрібної температури та співвідношення взаємодійних фаз. На цій стадії змінювали вміст вапна в розчині для оброблення (від 0 до 1 % до маси стружки) та тривалість оброблення (від 180 до 540 с). Наступну стадію термічного оброблення водою або дифузійним соком проводили в цьому ж самому апараті. На цій стадії змінювали температуру (від 50 до 80 °С) та тривалість (від 300 до 900 с) оброблення.

Процес пресування стружки здійснювали протягом 900 с у поршневому пресі періодичної дії у горизонтальній циліндричній камері за допомогою двох перфорованих поршнів, що рухались назустріч один одному. Тиск підтримували на необхідному рівні за допомогою гідравлічної системи. При пресуванні змінювали тиск в робочій камері (від 0,3 до 0,9 МПа).

Окремо досліджували набрякання пресованої стружки в рідині – у воді або дифузійному соку. Крім виду рідини, змінювали також температуру процесу.

Цукрозу зі стружки екстрагували за допомогою лабораторного дифузійного апарата. Використовували два види стружки: таку, що пройшла стадії хімічного, термічного оброблення і пресування та таку, що пройшла тільки термічне оброблення.

Після екстрагування стружку пресували за допомогою того ж самого преса періодичної дії.

Решта факторів для кожного з досліджуваних процесів була зафіксована на конкретних рівнях, вибраних на основі попереднього теоретичного аналізу, і підтримувалась постійною в усіх дослідах.

Для кожної зі стадій були визначені цільові функції, величини яких обчислювали на кожному етапі оброблення стружки за результатами аналізів відібраних проб стружки і рідини, а також інших вимірювань.

На кожному етапі проведення повного комплексу експериментальних досліджень проводили аналізували бурякову стружку і сік, визначаючи такі показники, як довжина 100 г стружки, вміст браку, шведський фактор, цукристість стружки, вміст сухих речовин та цукрози в рідкій фазі, чистота соків, вміст іонів кальцію в стружці та в рідині, вміст сухих речовин у стружці. Ці показники визначали згідно з методиками та за допомогою об-

ладнання лабораторій цукрових заводів.

У **третьому розділі** наведено основні результати експериментальних досліджень.

До отриманих даних було застосовано елементи одновимірного регресійного аналізу, побудовано лінії регресій, що відображають зміну умовного середнього значення цільової функції від зміни того чи іншого фактора. На основі оцінювання адекватності рівнянь регресій робили висновки про наявність залежностей між досліджуваними факторами та цільовими функціями.

Встановлено, що сумарна кількість клітин, денатурованих у процесі хімічного та термічного оброблення, досягала в середньому 35–40%. Сумарна кількість клітин, зруйнованих під час хімічного, термічного оброблення та пресування, становила в середньому 75 %. Отже, середня кількість неушкоджених клітин в стружці перед екстрагуванням дорівнювала в середньому 25 %. Середнє значення маси стружки після хімічного та термічного оброблення при температурах термічного оброблення 60–65 °С становило 90 %, а при температурах 70–75 °С знижувалось до 80 % від маси свіжої стружки.

Зміни кількості вапна, температури термічного оброблення та тиску пресування впливають на кількість виходу пресового соку, причому його збільшенню сприяють збільшення кількості вапна та дотримання температури термічного оброблення в межах 62–65 °С.

Дослідження зміни якісних характеристик стружки показали, що кількість браку стружки після пресування зростає від 5–8 % перед пресуванням до 15–20 % (після пресування та набрякання). Шведський фактор при цьому знижується в 10–20 разів. Чинниками, які сприяють збереженню якісних показників стружки під час пресування, виступають:

- зменшення процента виділеного пресового соку;
- кількість вапна під час хімічного оброблення, менша за 0,5 % до маси стружки.

Крім того, вміст браку в стружці після пресування, залежачи від довжини стружки, початкового вмісту браку та температури термічного оброблення, збільшується зі зростанням числа Силіна та температури термічного оброблення.

Оскільки збільшення процента браку закладено у розрахункову модель процесу екстрагування цукрози з пресованої стружки, за дослідними даними було виведено емпіричну залежність приросту браку від довжини стружки, початкового вмісту браку та кількості виділеного соку. Вона має вигляд:

$$\Delta B = 1,773 \cdot 10^{-5} (7,28 \ell_1 + 27,2) \exp(-9,33 \cdot 10^{-2} B_1) w_c^{1,736} \quad (1)$$

Найбільша інтенсивність відновлення маси пресованої стружки у процесі набрякання в рідині до 77–80 % до маси стружки перед пресуванням спостерігалась в перші 300 с. Кінцеве значення ступеня відновлення маси стружки залежить від кількості виділеного пресового соку: воно тим менше що більша кількість соку. В діапазоні 40–50 % соку до маси стружки ступінь відновлення маси становив у середньому близько 80 %.

Отримано емпіричну залежність ступеня відновлення маси стружки під час набря-

кання:

$$w_M = \frac{92,138 - 3,189 w_C + 0,069 w_C^2}{1 - 0,358 w_C + 8,4 \cdot 10^{-4} w_C^2}. \quad (2)$$

Сумарна середня кількість цукрози, що вилучалась на стадіях, які передують екстрагуванню, становила 60,89 % до початкового її вмісту в свіжій стружці.

Визначення модулів стисливості під час пресування шару стружки було проведено на основі рівнянь:

$$U = \frac{V(\tau)}{V_\infty} = \frac{S(\tau)}{S_\infty} = 1 - \frac{1}{\frac{1}{G_{10}} + \frac{1}{G_{11}} + \frac{1}{G_2} + \frac{1}{G_3}} \times$$

$$\times \left[\frac{1}{G_{10}} e^{-v_0 \tau} + \frac{1}{G_{11}} e^{-v_1 \tau} + \frac{1}{G_2} e^{-v_2 \tau} + \frac{1}{G_3} e^{-v_3 \tau} \right] = 1 - A e^{-(\tau/K)} - B e^{-(\tau/L)} -$$

$$- C e^{-(\tau/M)} - D e^{-(\tau/N)}, \quad (3)$$

де $K = \frac{1}{v_0} = \tau_{R0} = \frac{4h^2}{b_{10}\pi^2}$; $L = \frac{1}{v_1} = \tau_{R1}$; $M = \frac{1}{v_2} = \tau_{R2}$; $N = \frac{1}{v_3} = \tau_{R3}$;

$$B/A = \delta_1; C/A = \delta_2; D/A = \delta_3; \quad (4)$$

$$G = \frac{1}{\frac{1}{G_{10}} + \frac{1}{G_{11}} + \frac{1}{G_2} + \frac{1}{G_3}}, \quad (5)$$

де $G_{11} = G_{10}/\delta_1$; $G_2 = G_{10}/\delta_2$; $G_3 = G_{10}/\delta_3$.

Пресування бурякової стружки під час експериментів проходило в два основні періоди: перший – первинної консолідації частинок шару стружки, під час якого відбуваються переорієнтація частинок, різке ущільнення шару та виділення соку з міжстружкового простору разом з повітрям, не перевищував 60 с. Протягом цього часу шар стружки зазнає пружної деформації; другий характеризується значним ущільненням шару стружки і повільнішим відокремленням соку, що відбувається в основному за рахунок стискання стружинок.

Кількість соку, виділеного в першому періоді пресування, в деяких випадках може становити до 25 % початкової маси стружки, об'єм шару стружки при цьому може зменшуватись на 50–55 %.

Збільшення кількості вапна інтенсифікує виділення соку в обох періодах пресування. Зростання температури термічного оброблення понад 65 °C послаблює інтенсивність виділення соку, особливо в перший період пресування. Підвищення тиску збільшує загальну кількість виділеного соку, при цьому в перший період пресування інтенсивність його виділення зменшується, а в другий – збільшується.

Під час пресування жому в перший період спостерігається менш інтенсивне виді-

лення рідини, ніж під час пресування стружки за того самого тиску. В другий період виділення рідини із жому порівняно із пресуванням стружки посилюється, в результаті сумарне виділення рідини з жому через 900 с пресування перевищує аналогічний показник для стружки на 18–19 %.

Встановлено, що зменшення модулів стисливості та збільшення кількості виділеного соку відбувається у разі збільшення кількості вапна під час хімічного оброблення та значень температур термічного оброблення до 63 °С. При зростанні температури понад 63 °С модуль стисливості первинної консолідації зростає, а кількість соку, що виділяється в перший період, зменшується. Загальний модуль стисливості при цьому майже не змінюється. Збільшення тиску пресування призводить до зростання модулів стисливості всіх складових загальної деформації, при цьому виділення соку в перший період спадає, в другий – зростає.

Встановлено, що збільшення часу запізнення між наростанням деформації первинної консолідації та виділенням соку зменшує як кількість соку, що виділяється в перший період пресування, так і загальну її кількість. Отже, що раніше почнеться виділення соку, тим більша його кількість може бути виділена за період пресування.

Для збільшення кількості виділеного соку режими попереднього оброблення повинні забезпечувати зменшення модулів стисливості всіх складових загальної деформації, при цьому тиск доцільніше збільшувати в другому періоді пресування.

Дослідження витрат енергії на пресування стружки виявили, що найбільші потужність та кількість енергії в перерахунку на одиницю маси виділеного соку витрачається в перші 60 с пресування, після чого ці витрати зменшуються і після 400 с пресування тримаються в середньому на одному рівні.

Головним чинником, що впливає на витрати енергії за однакової тривалості пресування в даних діапазонах досліджуваних факторів, є тиск пресування. При порівнянні витрат енергії за умови досягнення однакових кількостей виділеного соку, менші витрати енергії відповідають меншим значенням тисків, але при цьому значно зростає час пресування.

Згідно з отриманими результатами, збільшення кількості вапна під час хімічного оброблення зменшувало витрату енергії на пресування за всіх значень тисків, причому це зменшення за абсолютним значенням то суттєвіше, що більший тиск пресування. Це пов'язано зі скороченням необхідного часу пресування для досягнення певної кількості виділеного соку. Дослідження впливу температури термічного оброблення не виявили виразного впливу цього фактора на витрату енергії.

Під час пресування жому витрата енергії загалом менша, ніж у разі пресування стружки за того ж самого тиску. За умов однакової кількості виділеної рідини, за кількості рідини до 45% до маси стружки перевитрата енергії становить 10–30 %, а за досягнення 70 % рідини до маси стружки перевитрата енергії може становити понад 200 %.

Експериментальні дослідження процесу екстрагування цукрози виявили відмінність у перебігу та кінцевих результатах цього процесу для пресованої та непресованої стружки.

Кількість матеріальних ступенів обміну, побудованих для усереднених даних згідно з теорією Жигалова, для процесу екстрагування з відпресованої стружки становила 4,23 од., а з непресованої – 2,5 од., тобто в 1,7 разів менше. Причина цієї відмінності полягає у різниці значень кінетичних коефіцієнтів процесу екстрагування.

Для визначення кінетичних коефіцієнтів екстракційного процесу були застосовані такі залежності (автори – Ю.О. Заєць, В.М. Лисянський, С.І. Блаженко):

$$\xi_i = \xi_n \frac{4Bi_i^2}{(Bi_i^2 + \mu_{1i}^2)\mu_{1i}^2} \exp\left(-\frac{n+s}{n} \mu_{1i}^2 \frac{D_i}{R^2} \tau_i\right) = a_i \exp(-b_i \tau_i); \quad (6)$$

$$\begin{cases} a = \xi_n \frac{4(\beta R/D)^2}{[(\beta R/D)^2 + \mu_1^2]\mu_1^2}; \\ b = \frac{n+s}{n} \mu_1^2 \frac{D}{R^2}; \\ \frac{J_1(\mu_1)}{J_0(\mu_1)} = \frac{\mu_1 D}{\beta R}. \end{cases} \quad (7)$$

Середнє збільшення загального (середнього за весь період екстрагування) коефіцієнта дифузії цукрози з пресованої стружки порівняно з непресованою в проведених дослідках становило 1,6 разів. Середній коефіцієнт масовіддачі при цьому для обох випадків екстрагування виявився практично однаковим.

Найбільше на коефіцієнті дифузії та на його відносному збільшенні позначаються співвідношення кількості рідини, увібраної стружкою під час набрякання, та кількості рідини, що залишалась в ній після пресування, а також еквівалентний радіус стружки. Збільшення цих обох факторів зумовлює зростання відношення коефіцієнтів дифузії цукрози з пресованої та непресованої стружки. В середньому коефіцієнт дифузії для пресованої стружки виявився в 1,6 разу більшим за коефіцієнт для стружки непресованої, що сприяло підвищенню ефективності процесу екстрагування цукрози з пресованої стружки.

Виявлено стохастичну залежність збільшення коефіцієнта дифузії від співвідношення кількості соку, виділеного під час пресування та соку, що залишився у стружці, а також від еквівалентного радіуса стружки:

$$y = 1,6052 (0,3696 x_1 + 0,6403) (797,61 x_2 - 0,4435), \quad (8)$$

де $y = D1_{\text{сер.}}/D2_{\text{сер.}}$; $x_1 = m_p/m_3$; $x_2 = R_{\text{екв.}}$.

Отримані результати свідчать про принципову можливість проведення ефективного процесу екстрагування цукрози з пресованої стружки в умовах ПДТС у разі дотримання таких параметрів попереднього оброблення, які б сприяли збільшенню коефіцієнта дифузії та перешкождали зменшенню коефіцієнта масовіддачі.

Досліди з очищення пресово-дифузійних соків показали, що в умовах ПДТС можливе отримання соків з якістю, не нижчою від якості отриманих за традиційною технологією, які можна було б ефективно очищувати за типовою схемою та отримувати сиропи зі стандартними якісними показниками. Для цього необхідне дотримання значень X під час

хімічного оброблення близько 0,1 %, та сприятливого тиску пресування, що для умов проведених дослідів становив 0,3 МПа.

Отже, на основі сукупності отриманих експериментальних даних для основних досліджуваних факторів (кількість вапна на стадії хімічного оброблення, температура термічного оброблення та тиск пресування) можна виділити такі сприятливі значення (інтервали значень): кількість вапна $X \approx 0,1\%$; температура термічного оброблення $t_{\text{ошт}} \approx 62-65 \text{ }^\circ\text{C}$; тиск пресування $P_{\text{пр}} \approx 0,3 \text{ МПа}$.

Четвертий розділ присвячено аналізу результатів промислових випробувань ПДТС, дослідженню її ефективності порівняно з дифузійним способом, уточненню технологічної схеми та апаратурного оформлення основних процесів, а також питанням економічної ефективності нової технології.

Для проведення аналітичних досліджень, зокрема порівняння ефективності ПДТС та дифузійного способу, була запропонована математична модель процесу сокодобування при ПДТС. Вона розроблена для умов екстракційного процесу в ротаційних дифузійних апаратах і дає змогу проводити порівняльні розрахунки за критерієм втрат цукрози в жомі.

До складу створеної моделі входять залежності, які можна поділити на такі групи:

I – рівняння матеріального балансу, які описують зміну мас та концентрацій цукрози в рідкій та твердій фазах;

II – рівняння масообміну, кінцевим результатом розв’язання якого є знаходження частки втрат цукрози в стружці після екстрагування порівняно зі стружкою до екстрагування. Для цього було використано формулу Аксельруда, що є частковим випадком розв’язання рівняння дифузії для тіл циліндричної форми:

$$\frac{n}{n-1} \ln \frac{n-1 + \frac{C_k}{C_0}}{n \left(\frac{C_k}{C_0} \right)} = \frac{2 D \tau}{R^2} \cdot \frac{1}{0,5 + \frac{1}{Bi}} \quad (9)$$

III – рівняння, за якими визначаються окремі параметри, що входять до складу рівнянь перших двох груп. В основному це залежності, знайдені опрацюванням результатів експериментальних досліджень, а також взяті з літературних джерел.

Для врахування впливу погіршення пресованої стружки на гідродинамічну обстановку в екстракторі, зокрема, на середню швидкість соку в шарі стружки, запропоновано таку формулу:

$$\beta_2 = \beta_1 \left(1 - \frac{\Delta B}{R_{\text{екв}}^2 \ell_1 (\rho_T - \rho_1)} \right)^{1,074} \quad (10)$$

Для обґрунтування доцільності застосування попереднього лужного оброблення стружки як фактора, що сприяє збереженню якості стружки після пресування, було застосовано експериментально знайдену залежність приросту браку стружки від вмісту вапна в розчині для лужного оброблення:

$$\Delta B = 18,47 + 13,682 X^{0,5} \ln(X). \quad (11)$$

Ефект від зменшення приросту браку було оцінено за зміною втрат цукрози в жомі, обчисленою за допомогою розрахункової моделі з урахуванням залежності (11). Розрахунки показали, що застосування хімічного оброблення може призвести до додаткового зменшення мінімальних втрат в жомі на 23–50 %, що свідчить про доцільність її застосування в схемі ПДТС.

Промислові випробування способу (без попереднього лужного оброблення) на Кременецькому цукровому заводі довели можливість здійснення ПДТС на базі серійного обладнання. Отримані результати засвідчили можливість зменшення відкачки на 10–15%, а також тривалості екстрагування. При цьому втрати в жомі можуть бути зменшені на 10–15 %. За однакової тривалості екстрагування втрати можуть бути зменшені на 17–37 % навіть при значеннях відбору соку на виробництво, зменшених на 13–25% до маси стружки.

На основі розрахункової математичної моделі було зроблено порівняльний аналіз технологічної ефективності ПДТС та дифузійного способу. Визначено, що оптимальні значення кількості виділеного пресового соку знаходяться в межах 45–55 % до маси стружки, за наступного збільшення кількості пресового соку втрати в жомі починають зростати і досягають максимальних значень при 63–67 % пресового соку до маси стружки.

Показано залежність мінімальних втрат цукрози від зміни технологічних факторів. Помічено, що за ПДТС залежність мінімальних втрат від числа Силіна досить незначна порівняно із залежністю для дифузійного способу. Отже, основними факторами, що впливають на втрати цукрози в жомі в умовах ПДТС, є загальний відбір соку на виробництво, тривалість екстрагування та кількість відібраного пресового соку (ступінь пресування).

На основі аналізу отриманих даних зроблено висновок про те, що за всіх значень тривалості екстрагування та відбору соку на виробництво ПДТС забезпечує приблизно в 2 рази менші втрати цукрози в жомі, ніж у разі традиційного дифузійного процесу, за умови дотримання оптимального ступеня пресування стружки.

Запропоновано варіант апаратурного оформлення процесу лужного оброблення стружки в протитечійному режимі в апараті ротаційного типу (3 секції). Термічне оброблення пропонується проводити в протитечійному режимі в апараті ротаційного типу (5 секцій). Секції хімічного та термічного оброблення запропоновано об'єднати в одному апараті ротаційного типу зі спільним приводом.

Розглянуто варіанти апаратурного оформлення процесу пресування – на основі шнекового та стрічкового пресів. Вказано на необхідність розроблення шнекового преса для пресування стружки, що забезпечував би зменшення подрібнення стружки, та запропоновані можливі напрями розроблення, що потребують експериментальної перевірки.

Вказано на принципову можливість застосування стрічкових пресів в схемі ПДТС, для чого також потрібне експериментальне уточнення характеристик роботи цього виду обладнання на буряковій стружці, а також, у випадку отримання позитивних результатів,

потрібне розроблення пресів, що забезпечували б задану продуктивність заводу з переробки буряків.

Визнано необхідність додаткових досліджень для уточнення характеристик процесу фільтрації рідини крізь шар пресованої та набряклої бурякової стружки, що дасть можливість провести точніші розрахунки конструктивних параметрів ротаційного екстрактора для застосування у схемі ПДТС. Визначено основні типи екстракторів, які можуть бути застосовані в схемі.

Запропоновано варіант схеми ПДТС з апаратурним оформленням основних процесів (див. рисунок 1). Вказано тепловий режим та масу матеріальних потоків за умови відбору соку на виробництво в кількості 120 % до маси буряків. Показано особливості схеми та основні відмінності від прийнятої на початку досліджень.

Проведено розрахунок продуктів, а також порівняльні розрахунки щодо теплової ефективності схем ПДТС та дифузійного способу, визначено орієнтовні витрати умовного палива на переробку буряків для обох способів, а також показано залежність цих величин від відбору соку на виробництво.

Розглянуто питання економічної ефективності впровадження ПДТС. На основі техніко-економічного розрахунку проаналізовані два варіанти роботи ПДТС порівняно з дифузійним способом. Визначено доцільніший варіант реалізації технологічних переваг ПДТС – робота за тих же самих відборів соку на виробництво, що і за дифузійного способу, але з меншими втратами цукрози в жомі. Зроблено висновок про доцільність впровадження даного способу та досягнення суттєвого економічного ефекту.

ВИСНОВКИ

1. Показано, що удосконалення пресово-дифузійної технології сокодобування застосуванням лужного оброблення бурякової стружки є одним з перспективних напрямів інтенсифікації процесу сокодобування у бурякоцукровому виробництві. Основні стадії пропонованої технології такі: хімічне (лужне) оброблення стружки розчином вапна в дифузійному соку; термічне оброблення стружки; пресування обробленої стружки; екстрагування цукрози з відпресованої стружки; пресування жому.
2. На основі проведених досліджень встановлено вплив технологічних факторів попереднього оброблення на ступінь плазмолізу клітин бурякової тканини, зміну маси бурякової стружки та її якісних характеристик, виділення пресового соку та цукрози, якість отримуваних соків.
3. Визначено характер впливу технологічних факторів попереднього оброблення на процес пресування бурякової стружки та кінетику процесу виділення соку із шару стружки. На основі запропонованого методу оброблення та аналізу експериментальних даних досліджено параметри стисливості шару стружки та жому. Визначено основні умови, за яких вплив діючих факторів під час лужного та теплового оброблення стружки є сприятливішим для виділення соку в процесі пресування. Встановлено різницю кінетики виділення рідкої фази зі стружки та жому під час пресування.

4. Встановлено, що пресування бурякової стружки потребує більше енергії, ніж пресування жому. Рівень відносного збільшення необхідної кількості енергії залежить від кількості соку, яку слід вилучити зі стружки.
5. В умовах пресування на експериментальному поршневому пресі виявлено негативний вплив збільшення тиску та кількості виділеного соку (більше 50 % до маси стружки) на якість отримуваних пресово-дифузійних соків та якісні характеристики стружки після пресування, внаслідок чого найсприятливіші значення тиску пресування знаходяться на рівні 0,3 МПа, що є нижньою межею досліджуваного діапазону тисків.
6. У результаті дослідження процесу екстрагування цукрози з відпресованої стружки встановлено характер зміни ефективного коефіцієнта дифузії цукрози для набухлої стружки від кількості соку, вилученого на стадії пресування. Визначено, що в середньому для умов проведених досліджень значення коефіцієнта дифузії цукрози для пресованої стружки після її набрякання в 1,6 разу більше, ніж для стружки, що пройшла лише термічне оброблення.
7. На основі аналізу всієї сукупності отриманих даних, включаючи досліди з очищення отриманих соків, для стадій хімічного та термічного оброблення визнані доцільними такі значення (інтервали значень) технологічних факторів: а) хімічне оброблення: тривалість 300 – 360 с; температура 18 – 20 °С; кількість вапняного молока ~0,1 % до маси стружки; б) термічне оброблення: тривалість 600 с; температура 62 – 65 °С.
8. Розроблено та реалізовано в комп'ютерній формі математичну модель процесу сокодобування при ПДТС, до якої увійшли залежності, встановлені в результаті теоретичних та практичних досліджень. Дана модель дає змогу проводити порівняльні розрахунки ефективності ПДТС та дифузійного способу за критерієм втрат цукрози в жомі.
9. Промислові випробування пресово-дифузійної технології на Кременецькому цукровому заводі, в сезони 1988 – 1989 р.р., показали можливість зменшення відбору соку на виробництво на 10–15 % порівняно з дифузійною технологією із застосуванням того ж самого дифузійного апарата, за майже однакових втрат цукрози в жомі та зменшеної тривалості екстрагування для пресово-дифузійної технології.
10. Аналіз, проведений на основі розробленої моделі, дав можливість встановити діапазон значень кількості виділеного пресового соку, за яких можуть бути досягнуті мінімальні втрати цукрози в жомі, а також показав характер залежності мінімально можливих втрат цукрози в жомі для ПДТС від таких факторів, як відбір соку на виробництво, тривалість екстрагування, довжина 100 г стружки.
11. На основі проведеного аналізу зроблено висновок про те, що за всіх значень тривалості екстрагування та відбору соку на виробництво, ПДТС забезпечує приблизно в 2 рази менші втрати цукрози в жомі, ніж за дифузійного способі, за умови дотримання оптимального ступеня пресування стружки.
12. Розглянуто можливі варіанти апаратурного оформлення процесів ПДТС. Вказано на

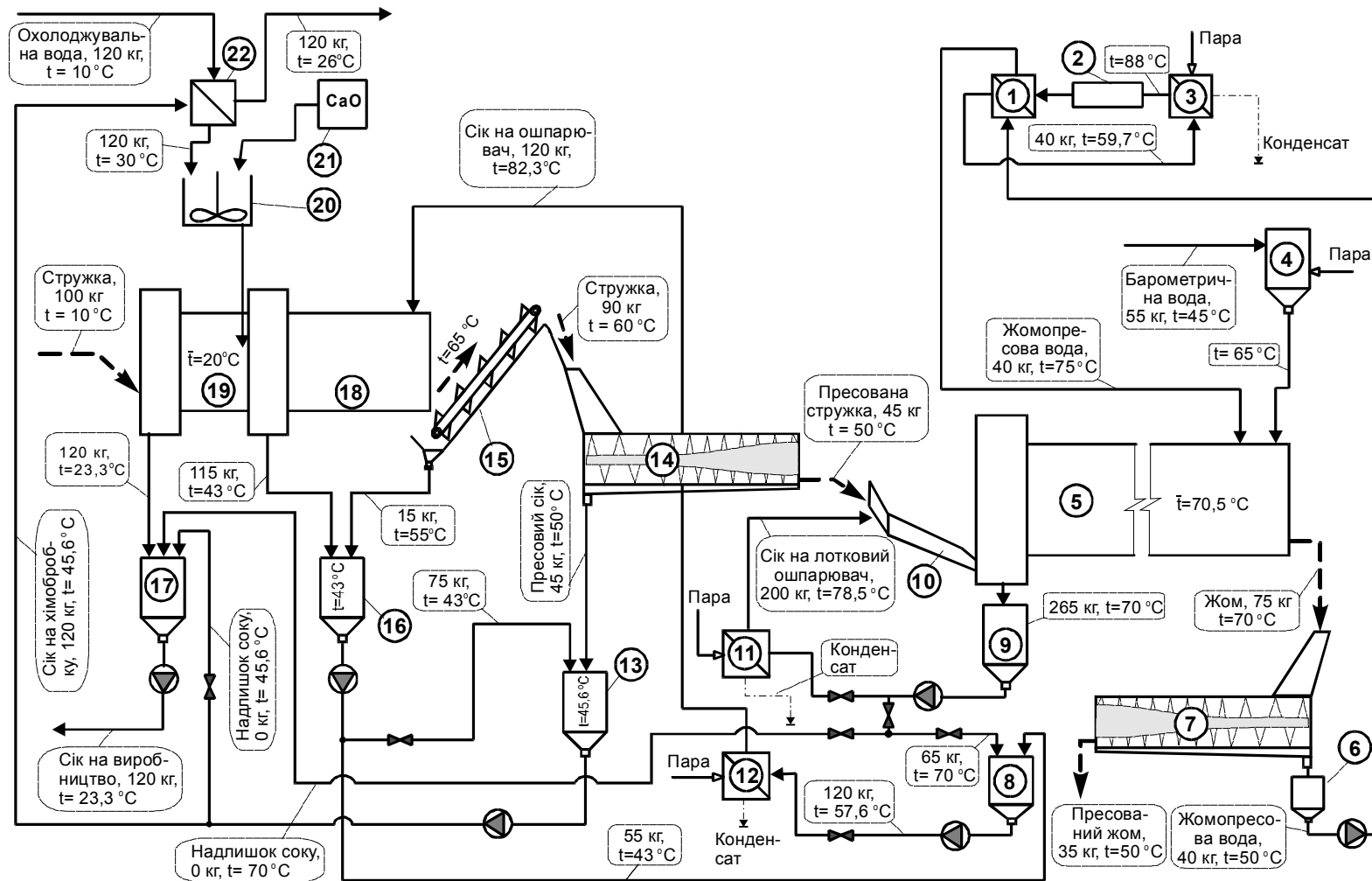


Рис. 1. Уточнений вариант схемы ПДТС:

1, 3 – теплообмінник та, відповідно, підігрівник жомопресованої води; 2 – декантатор жомопресованої води; 4 – пароконтактний підігрівник барометричної води; 5 – ротаційний дифузійний апарат; 6, 8, 9, 13, 16 – збірники соку та жомопресованої води; 7 – жомовий прес; 10 – лотковий ошпарювач; 11, 12 – підігрівники соку; 14 – шнековий прес; 15 – транспортер нагрітої стружки; 17 – збірник соку після хімічного оброблення; 18 – секції термічного оброблення; 19 – апарат для хіміко – термічного оброблення; 20 – мішалка для приготування лужного розчину; 21 – дозатор вапняного молока; 22 – теплообмінник – охолоджувач соку, що йде на хімічне оброблення

необхідність додаткових досліджень з метою кращого пристосування серійного обладнання до умов проведення процесів ПДТС, а також розроблення та застосування нових типів обладнання, (зокрема стрічкового преса для виділення пресового соку в кількості близько 30–35 % до маси стружки).

13. Запропоновано варіант схеми ПДТС з апаратурним оформленням основних процесів.
14. Проведено розрахунок продуктів та порівняльний тепловий розрахунок схеми ПДТС та схеми дифузійного способу. На основі техніко-економічних розрахунків зроблено висновок про доцільність впровадження ПДТС та визначено ефективні режими її застосування.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

ДБ – зміна (приріст) браку, % до маси стружки; ℓ_1 – довжина 100 г стружки до пресування, м; B_1 – кількість браку в стружці до пресування, % до маси стружки; w_C – ступінь вилучення соку із стружки, % до початкової маси; w_M – ступінь відновлення стружкою своєї початкової маси, % до початкової маси; U – загальна консолідація шару матеріалу, од.; τ – тривалість процесу, с; $V(\tau)$ – об’єм виділеної рідини за час τ , м³; V_∞ – об’єм виділеної рідини за час $\tau \rightarrow \infty$, м³; $S(\tau)$ – об’єм шару матеріалу через проміжок часу τ , м³; S_∞ – об’єм шару матеріалу через час $\tau \rightarrow \infty$, м³; G_{10}, G_{11}, G_2, G_3 – модуль стисливості відповідно деформації первинної консолідації, повзучої деформації, пружної консолідації міжклітинного об’єму, пружної консолідації внутрішнього об’єму клітин, Па; G – узагальнений модуль стисливості, Па; τ_{R0}, τ_{R1} – час запізнення різних видів деформації шару матеріалу відносно моменту прикладення навантаження, с; τ_{R2}, τ_{R3} – час запізнення виділення рідини за різних видів деформації, с; v_0, v_1, v_2, v_3 – величини, обернені до $\tau_{R0}, \tau_{R1}, \tau_{R2}, \tau_{R3}$, с⁻¹; ξ_i – надлишкова концентрація цільового компонента в твердому тілі на інтервалі, %; ξ_n – надлишкова концентрація цільового компонента в твердому тілі на початку процесу, %; Bi_i – дифузійний критерій Біо на інтервалі; D_i – коефіцієнт дифузії на інтервалі, м²/с; R – радіус циліндра, м; μ_{1i} – корені характеристичного рівняння, од.; n – співвідношення мас екстрагента та рідини в порах твердої фази, од.; s – величина, що набуває значень +1 або -1 залежно від схеми відносного переміщення фаз при екстрагуванні, од.; β – коефіцієнт масовіддачі, м/с; $J_0(\mu_1), J_1(\mu_1)$ – значення функції Бесселя відповідно нульового та першого порядків, од.; $D1_{сер}, D2_{сер}$ – середні по апарату коефіцієнти дифузії при екстрагуванні відповідно з пресованої та непресованої стружки, м²/с; m_p, m_s – відносна кількість рідини відповідно увібраної під час набрякання та залишеної після пресування, % до маси стружки перед пресуванням; $R_{екв}$ – еквівалентний радіус часток стружки, м; X – вміст вапна в розчині для хімічного оброблення, % до маси стружки; $t_{ошт}$ – температура термічного оброблення, °С; $P_{пр}$ – тиск пресування, МПа; C_0, C_k – відповідно початкова та кінцева концентрація цільового компонента в твердій фазі, %; β_1, β_2 – коефіцієнт масовіддачі під час екстрагування для шару стружки відповідно до та після пресування, м/с; ρ_T – щільність тканини бурякової стружки, кг/м³; ρ_1 – насипна щільність шару непресованої стружки, кг/м³.

Список опублікованих праць:

1. Заєць Ю.О., Крамар В.Г., Рева Л.П., Федорова Н.С., Товстенко Ю.В., Головняк Ю.Д. Пресово-дифузійна технологія сокодобування з використанням допоміжних реагентів.// Цукор України.– 1996.– № 3.– С. 23 – 27.

Особистий внесок – участь у розробленні програми досліджень, проведення експериментів, участь у підготовці матеріалів до публікування.

2. Крамар В.Г., Заєць Ю.О., Малежик І.Ф., Гулий І.С. Дослідження технологічних режимів пресово-дифузійної технології сокодобування// Харч. пром-сть.– 1998.– Вип. 43 – 44. – С. 46 – 53.

Особистий внесок – участь у розробленні програми експериментальних досліджень, доопрацювання методики досліджень, проведення експериментів, обробка, узагальнення та обговорення результатів, участь в підготовці матеріалів до опублікування.

3. Крамар В.Г. Дослідження процесу пресування бурякової стружки в умовах пресово-дифузійної технології сокодобування// Наукові праці УДУХТ.–К. 2001.– № 9.– С. 80–82.

4. Патент № 14980 А (Україна). Установа для сокодобування в цукровому виробництві / Ю.О. Заєць, В.Г. Крамар. // ДСВ.

Особистий внесок – участь у розробленні програми досліджень, проведення експериментів, опрацювання результатів, участь в узагальненні отриманих результатів, розробленні апаратурної схеми та технологічного режиму, підготовці матеріалів до публікування.

5. Штефан Є.В., Заєць Ю.О., Крамар В.Г., Штефан Н.І. Математичне моделювання процесу пресування бурякової стружки// Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції “Розроблення та впровадження прогресивних ресурсощадних технологій та обладнання в харчову та переробну промисловість”. Київ. – УДУХТ. – 1997.– С. 38 – 39.

Особистий внесок – участь в розробленні програми досліджень, проведення експериментів, участь в опрацюванні отриманих результатів.

Анотація

Крамар В.Г. Вдосконалення пресово-дифузійної технології сокодобування в цукровому виробництві. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв – Національний університет харчових технологій, Київ, 2003.

Досліджено можливість вдосконалення пресово-дифузійної технології сокодобування в цукровому виробництві застосуванням лужного оброблення бурякової стружки розчином вапняного молока в дифузійному соку як першої стадії процесу сокодобування.

На основі проведених аналітичних та експериментальних досліджень встановлено сприятливі інтервали значень основних технологічних факторів.

Виявлено, що за умови дотримання оптимального ступеня пресування стружки пресово-дифузійна технологія в запропонованому варіанті забезпечує приблизно вдвічі менші втрати цукрози в жомі, ніж за дифузійного способу.

Запропоновано варіант технологічної схеми з апаратурним оформленням основних процесів.

На основі техніко-економічних розрахунків доведено доцільність впровадження даної технології.

Ключові слова: пресово-дифузійна технологія, бурякова стружка, пресування, лужне оброблення, пресовий сік, дифузійний сік, втрати цукрози в жомі.

Аннотация

Крамар В.Г. Усовершенствование пресово-диффузионной технологии сокодобывания в сахарном производстве. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств – Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2003.

Диссертация содержит результаты теоретических и экспериментальных исследований, направленных на усовершенствование пресово-диффузионной технологии сокодобывания в сахарном производстве.

Исследована возможность усовершенствования данной технологии путем применения щелочной обработки свекловичной стружки раствором известкового молока в диффузионном соке как первой стадии процесса сокодобывания.

На основании проведенных теоретических и практических исследований пресово-диффузионной технологии сокодобывания с предварительной щелочной обработкой стружки (ПДТС) установлено влияние технологических факторов предварительной обработки на степень плазмолиза клеток свекловичной ткани, изменение массы и качественных характеристик свекловичной стружки, извлечение пресового сока и сахарозы, качество получаемых соков.

Исследовано влияние технологических факторов предварительной обработки на

процесс прессования свекловичной стружки, рассмотрена кинетика процесса выделения жидкости из слоя стружки. На основании предложенного метода обработки и анализа экспериментальных данных исследованы параметры сжимаемости слоя стружки и жома. Выявлены различия кинетики выделения жидкой фазы из стружки и жома во время прессования.

Установлено, что прессование свекловичной стружки требует увеличения затрат энергии по сравнению с прессованием жома. Уровень относительного увеличения необходимого количества энергии зависит от количества жидкости, извлекаемой из стружки.

В условиях прессования на экспериментальном поршневом прессе установлено негативное влияние увеличения давления и количества выделенной жидкости (более 50 % к массе стружки) на качество получаемых прессово-диффузионных соков и качественные характеристики стружки после прессования. В результате выяснено, что наиболее благоприятные значения давления прессования находятся на уровне 0,3 МПа, что совпадает с нижним уровнем исследуемого диапазона давлений.

На основе исследований экстрагирования сахарозы из прессованной стружки установлен характер изменения эффективного коэффициента диффузии сахарозы для набухшей стружки от количества сока, извлеченного на стадии прессования. Определено, что в среднем для условий проведенных исследований значение коэффициента диффузии сахарозы для прессованной стружки после ее набухания в 1,6 раза больше, чем для стружки, прошедшей только тепловую обработку.

На основании анализа всей совокупности полученных данных, включая опыты по очистке полученных соков, для стадий химической и термической обработки признаны целесообразными такие значения (интервалы значений) технологических факторов: а) химическая обработка: продолжительность – 300 – 360 с; температура – 18 – 20 °С; количество известкового молока ~0,1 % к массе стружки; б) тепловая обработка: продолжительность – 600 с; температура – 62 – 65 °С.

Разработана и реализована в компьютерной форме математическая модель ПДТС, дающая возможность проводить расчеты сравнительной эффективности ПДТС и диффузионного способа по критерию потерь сахарозы в жоме.

Промышленные испытания ПДТС (без предварительной щелочной обработки) на Кременецком сахарном заводе в сезоны 1988 – 1989 г.г. показали возможность уменьшения отбора сока на производство на 10 – 15 % по сравнению с диффузионной технологией с применением того же диффузионного аппарата при почти одинаковых потерях сахарозы в жоме и уменьшенной продолжительности экстрагирования для прессово-диффузионной технологии.

Анализ, проведенный на основании разработанной модели, позволил установить степень извлечения прессового сока, при которой могут быть достигнуты минимальные потери сахарозы в жоме, а также показал характер зависимости минимально возможных потерь сахарозы в жоме в условиях ПДТС от таких факторов, как отбор сока на производство, продолжительность экстрагирования, длина 100 г стружки.

На основании проведенного анализа сделан вывод о том, что при всех значениях продолжительности экстрагирования и отбора сока на производство ПДТС обеспечивает приблизительно вдвое меньшие потери сахарозы в жоме, чем в условиях применения диффузионного способа, при условии соблюдения оптимальной степени прессования стружки.

Рассмотрены возможные варианты аппаратного оформления процессов ПДТС. Указано на необходимость дополнительных исследований с целью лучшего приспособления серийного оборудования к условиям проведения процессов ПДТС, а также разработки и применения новых типов оборудования (в частности, ленточного пресса для отделения прессового сока в количестве около 30 – 35 % к массе стружки). Предложен вариант схемы ПДТС с аппаратным оформлением основных процессов.

На основании технико-экономических расчетов сделан вывод о целесообразности внедрения ПДТС и определены эффективные режимы ее применения.

Ключевые слова: прессово-диффузионная технология, свекловичная стружка, прессование, щелочная обработка, прессовый сок, диффузионный сок, потери сахарозы в жоме.

Annotation

Kramar V.G. Improvement of the press-diffusion technology of juice extraction in the sugar production. – Manuscript.

Candidate of technical science thesis, speciality 05.18.12 – Food Microbiologic and Pharmaceutical Engineering, National University of Food Technologies, Kyiv, 2003.

The possibility of improvement of the press-diffusion technology for juice extraction in the sugar production by means of the alkaline treatment of the sugar beet cossettes with the milk of lime mixed with the raw juice as the first stage of the juice extraction process has been investigated.

The corresponding ranges for main technological parameters change have been established on the base of carried out analytical and experimental studies.

It has been found that under the condition of optimum pressing degree observance the press-diffusion technology, as proposed, allows to decrease the sugar losses in pulp by about 2 times to compare with the diffusion method.

The technological scheme with the apparatus for the main processes fulfillment has been proposed.

Expediency for application of the given scheme has been proved by the technical and economic calculations.

Key words: press-diffusion technology, sugar beet cossettes, pressing, alkaline treatment, pressed juice, raw juice, sugar losses in pulp.