

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЛЮЛЬКА ДМИТРО МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 664.1.033

**РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ
ДИФУЗІЙНИХ АПАРАТІВ З МЕТОЮ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ
ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ**

05.18.12 – процеси та обладнання харчових,
мікробіологічних та фармацевтичних виробництв

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2014

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті харчових технологій Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Серьогін Олександр Олександрович,
Національний університет харчових технологій
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри теоретичної механіки
та ресурсощадних технологій

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Дячок Василь Володимирович,
Національний університет «Львівська політехніка»
Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри прикладної екології
та збалансованого природокористування

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Осадчий Леонід Мартинович,
ДНУ «Український науково-дослідний інститут
цукрової промисловості» Міністерства аграрної політики
та продовольства України,
завідуючий відділом цукрового
та крохмального виробництва

Захист відбудеться « 05 » червня 2014 року о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.02 Національного університету харчових технологій Міністерства освіти і науки України за адресою:

01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія А-311.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету харчових технологій Міністерства освіти і науки України за адресою:

01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий « 28 » квітня 2014 року.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, к.т.н., доцент

Л.О. Кривопляс-Володіна

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Одним із основних технологічних процесів при виробництві цукру є екстрагування сахарози з бурякової стружки з отриманням дифузійного соку високої якості. Цей процес відбувається в дифузійних апаратах і установках безперервної дії різних типів, техніко-економічні показники роботи яких не завжди відповідають нормативним. Однією з причин їх незадовільної роботи є складні гідродинамічні умови в дифузійних апаратах і установках і умови теплообміну, зумовлені нерівномірністю руху фаз.

Складний процес отримання цукру з буряків включає ряд механічних, теплових та фізико-хімічних процесів, які зв'язані між собою просторово-часовим зв'язком. Розвиток теорії дифузійного вилучення сахарози з бурякової стружки базується на глибокому вивченні і творчому використанні положень теорії тепло- і масообміну, процесів і апаратів хімічної і харчової технології, сформульованих в роботах П.В. Головіна, А.В. Ликова, П.М. Сіліна, В.Д. Попова, С.Ф. Дронова, Г.А. Аксельруда, С.М. Гребенюка, В.М. Лисянського та ін.

В період впровадження дифузійних апаратів безперервної дії значний вклад в розвиток теорії і практики екстрагування сахарози з бурякової стружки внесли А.Я. Загорулько, Є.Т. Коваль, А.А. Ліпець, В.Н. Щоголев та ін.

Цікаві роботи, побудовані на використанні нових підходів до вивчення процесу екстрагування сахарози з буряків, виконано Н.С. Карповичем, М.М. Пушанком, А.І. Фельдманом, І.А. Олійником, О.О. Серьогіним, Зав'яловим В.Л. та ін. В одних із них вирішувалися питання раціонального конструювання промислових екстракторів з врахуванням зміни структурно-механічних властивостей соку стружкової суміші, в інших — розглянуто питання масштабного переходу, розширено область використання закономірностей, які описують вилучення сахарози з буряків.

З розвитком цукрової промисловості набувають розповсюдження великотоннажні підприємства (8...12 тис. т переробки буряків на добу і більше). Розробляються і впроваджуються екстракційні установки великої одиничної продуктивності. Великі робочі об'єми таких установок та недосконала конструкція окремих агрегатів та вузлів сприяють утворенню в них застійних зон та ділянок з пониженою проти оптимальних значень температурою, виникнення некерованої рециркуляції твердої і рідкої фаз, збільшують інерційність роботи установок.

За останні півстоліття розвиток теорії масоперенесення, кількість експериментальних досліджень і досягнуті показники ефективності визначили для широкого впровадження в цукровій промисловості екстрактори безперервної дії трьох видів: колонні, ротаційні і нахилоного типу. Поряд з незаперечними перевагами вони мають і ряд недоліків, характерних для апаратів різних типів.

Наразі розроблення нових конструкцій дифузійних апаратів і установок збільшеної продуктивності проводиться без всебічного врахування факторів, які значною мірою впливають на ефективність процесу масообміну і енерговитрати. Існуючі теоретичні і практичні розробки не дозволяють повністю оцінити вплив гідродинамічних факторів на інтенсивність та ефективність процесу екстрагування. За таких умов проблема вивчення закономірностей протитечійного переміщення твердої і рідкої фаз, ускладнених процесом масообміну, є актуальною.

Дисертаційна робота присвячена розробленню ефективних конструкцій транспортних систем, вивченню впливу створюваних ними гідродинамічних умов екстрагування на ефективність роботи дифузійних установок і апаратів з метою інтенсифікації процесу. Саме вони забезпечують надійність роботи апаратів високої продуктивності (5...10 тис. т переробки буряків на добу) при стабільних показниках якості дифузійного соку і мінімальних енерговитратах. Цим і визначається актуальність роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження, результати яких викладено в дисертаційній роботі, виконувались у відповідності з пріоритетним напрямком наукових робіт НУХТ: «Розроблення наукових основ тепломасообмінних та інших процесів харчових, мікробіологічних і фармацевтичних виробництв з метою створення нових високоефективних технологій та обладнання, засобів механізації та автоматизації для харчових і переробних галузей АПК» (схвалено вченою радою НУХТ, протокол №7 від 25.03.2006 р.) та пов'язана з науковим напрямком роботи кафедри технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування (раніше технологічного обладнання харчових виробництв) НУХТ «Інтенсифікація тепломасообмінних і інших процесів з метою створення високоефективного обладнання харчових виробництв». Виконана робота відповідає Закону України №2623-14 «Про пріоритетні напрямки розвитку науки і техніки» від 12.10.2010 р.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка конструкцій транспортних систем дифузійних апаратів з метою інтенсифікації процесу екстрагування. У відповідності до поставленої мети сформульовані наступні завдання досліджень:

- розглянути теоретичні засади і особливості екстрагування сахарози у виробничих умовах;
- удосконалити методику дослідження тепло-масовіддачі в діючих екстракторах цих типів;
- дослідити вплив конструкції транспортних систем на ступінь перемішування;
- провести дослідження процесу масовіддачі та розробити наукове обґрунтування напрямів модернізації існуючого обладнання з метою інтенсифікації процесу;
- визначити тенденції удосконалення існуючих конструкцій дифузійних апаратів колонного і нахилоного типу;
- порівняти отримані результати та надати пропозиції щодо конструктивної розробки науково-технічних рішень, захищених патентами;
- запропонувати технічні рішення щодо компоновки елементів транспортних систем, методів центровки їх складових на основі новітніх досягнень науки і техніки.

Об'єктом дослідження є протитечійне переміщення сокостружкової суміші робочими органами різних конструкцій в промислових екстракторах.

Предметом дослідження є транспортні системи дифузійних апаратів колонного і нахилоного типів, що широко експлуатуються в цукровій промисловості.

Методи дослідження. Використовувались лабораторні та промислові дослідження поведінки сокостружкової суміші під дією робочих органів транспортних систем екстракторів різних типів, математичне моделювання і статистична обробка

результатів досліджень з використанням комп'ютерної техніки і пакетів прикладних програм. Для розв'язку диференціальних рівнянь використовувались аналітичні методи.

Наукова новизна одержаних результатів. В результаті проведеного комплексу теоретичних та експериментальних досліджень поведінки сокостружкової суміші з різним наповненням її об'єму твердою фазою, характерним для дифузійних апаратів нахилоного і колонного типів, в роботі:

- розроблено математичну модель поведінки сокостружкової суміші під дією робочих органів, яка враховує зміну структурно-механічних властивостей стружки і їх вплив на її фільтраційну здатність;
- одержано розв'язання науково-прикладних задач конструювання транспортних систем у промислових дифузійних апаратах нахилоного і колонного типів;
- визначено нерівномірність температурних полів в секціях апаратів нахилоного типу збільшеної продуктивності і запропоновано способи їх вирівнювання;
- встановлено характер зміни інтенсивності масовіддачі під дією робочих органів різних конструкцій;
- запропоновано дієві способи збільшення надійності роботи транспортних систем в існуючих дифузійних апаратах нахилоного і колонного типів та в апаратах збільшеної продуктивності.

Практичне значення одержаних результатів. Практична цінність роботи визначається конкретними пропозиціями по удосконаленню існуючих і розробці нових дифузійних апаратів і установок, оптимізації процесу екстрагування і рекомендаціями по зниженню втрат сахарози за рахунок раціонального здійснення процесу тепломасообміну і покращення якості стружки.

Результати досліджень реалізовані при модернізації транспортних систем дифузійних апаратів нахилоного типу і колонних екстракторів, які впроваджено на 20 цукрових заводах України і Російської Федерації, що підтверджено актами і захищено патентами на винаходи і корисні моделі України.

Сформульовані в роботі наукові положення, висновки і рекомендації використані при проведенні проектно-конструкторських робіт по модернізації транспортних систем екстракційного обладнання.

Особистий внесок здобувача. Автором особисто розроблено методики проведення експериментів в лабораторних умовах та на промислових екстракторах. Запропоновано аналітичний опис поведінки шару сокостружкової суміші, визначено кінетичні коефіцієнти, що характеризують процес екстрагування на різних етапах його виконання, встановлено зв'язок між інтенсивністю масовіддачі і конструктивними особливостями елементів транспортних систем.

Розроблено математичну модель розрахунку поведінки сокостружкової суміші під дією стискуючих зусиль, створюваних робочими органами транспортних систем при модернізації яких запропоновано нові технічні рішення. Проведено патентування і особистий нагляд при розробці робочої конструкторської документації та виготовленні елементів обладнання на машинобудівних та цукрових заводах.

Проведено пускові і налагоджувальні роботи, а також дослідження роботи дифузійних установок і апаратів з модернізованими транспортними системами. Виконано обробку, аналіз і узагальнення експериментальних даних.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи викладені: на 69, 70, 72, 73, 74, 75, 77, 79-й наукових конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів НУХТ «Наукові здобутки молоді — вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті»; Науково-технічній конференції цукровиків України, Київ, 2007; Міжнародному научному форумі студентів, аспірантів і молодих учених «Пищевые инновации и биотехнологии», Кемерово, 2013; Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених і студентів «Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі», Харків, 2013; другому Північно-Східному Європейському конгресі NEEFood-2013, Київ, 2013; Всеукраїнській науково-технічній конференції «Актуальні проблеми харчової промисловості», Тернопіль, 2013; Міжнародній науково-практичній конференції «Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг», Харків, 2013.

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 34 друковані праці, з них 4 статті у вітчизняних фахових виданнях, 2 статті у закордонних фахових виданнях, 9 патентів на винаходи та корисні моделі України, 14 — тези доповідей на наукових та науково-практичних конференціях і форумах різних рівнів, що відбулися в Україні та за кордоном в 2003...2013 рр., науково-практичні результати опубліковані в 5 науково-технічних виданнях.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел з 141 найменувань вітчизняних та закордонних назв і 25 додатків. Основний зміст дисертаційної роботи викладено на 159 сторінках основного тексту, містить 55 рисунків і 5 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність представленої роботи, сформульовано мету та задачі дослідження, наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів.

У **першому розділі** проаналізовано теоретичні основи процесу екстрагування сахарози з бурякової стружки та результати попередніх досліджень тепломасообмінних характеристик екстрагування в апаратах різних систем середньої продуктивності.

Концентрація бурякоцукрового виробництва, пов'язана з закриттям малопотужних підприємств і збільшенням продуктивності окремих заводів до 6...15 тис. т переробки буряків на добу, потребує ґрунтовної оцінки набутого досвіду конструювання обладнання для екстрагування сахарози продуктивністю 1,5...4,5 тис. т переробки буряків на добу і розробки конструкцій екстракторів великої одиничної продуктивності.

Збільшення одиничної продуктивності, робота в динамічних режимах з використанням різних методів інтенсифікації, використання комбінованих видів проведення процесу потребують виконання досліджень основних процесів тепло-масообміну, підготовчих і супутніх операцій.

Однією з причин, що зумовлюють незадовільні показники роботи екстракторів

крупнотонажного виробництва є неусталений рух фаз, який створює складні гідродинамічні умови процесу вилучення сахарози при нерівномірній її тепловій обробці.

У **другому розділі** розглянуто особливості промислового апаратурного оформлення процесу екстрагування в поширених модифікаціях дифузійних апаратів нахилоного і колонного типів, в тому числі і в екстракторах нового покоління збільшеної продуктивності. Розглянуто тенденції конструктивних змін апаратів, які торкаються збільшенні робочого об'єму за рахунок збільшення площі поперечного перерізу без помітного збільшення довжини.

Не дивлячись на принципову різницю конструктивного оформлення екстракційного обладнання обох типів, підкреслену найменуванням «колонні дифузійні установки» і дифузійні апарати нахилоного типу, вони мають приблизно однакову довжину траси переміщення стружки. В апаратах нахилоного типу вона становить 25...30 м, в колонних установках довжина траси складається із довжини ошпарювача (5...8 м), з'єднувального трубопроводу (6...8 м) і висоту дифузійної колони (14...18 м).

При роботі екстракторів під дією температури, рН середовища, внаслідок механічного впливу з боку транспортуючих органів та мікро- та макроперемішування відбуваються характерні для обох типів екстракторів зміни структурно-механічних властивостей сокостружкової суміші.

Ці зміни покладено в основу раціональних конструкцій транспортних систем апаратів, які адекватно змінюють пористість сокостружкової суміші та її соковміст під дією стискаючих напружень, які виникають в сокостружковій суміші під час руху елементів транспортних систем.

Визначення структурно-механічних властивостей сокостружкової суміші і їх вплив на гідродинамічні умови перебігу процесу в апаратах нахилоного типу виконано на екстракторі DC-12 (ПАТ «Линовицький цукрокомбінат «Красний»).

Результати досліджень показали (рис. 1), що характер зміни модуля пружності по довжині апарату для стружки різної якості подібний, але його величини суттєво відрізняються, коливаючись в межах $E = (0,21 \dots 0,81) \cdot 10^{-5}$ Па.

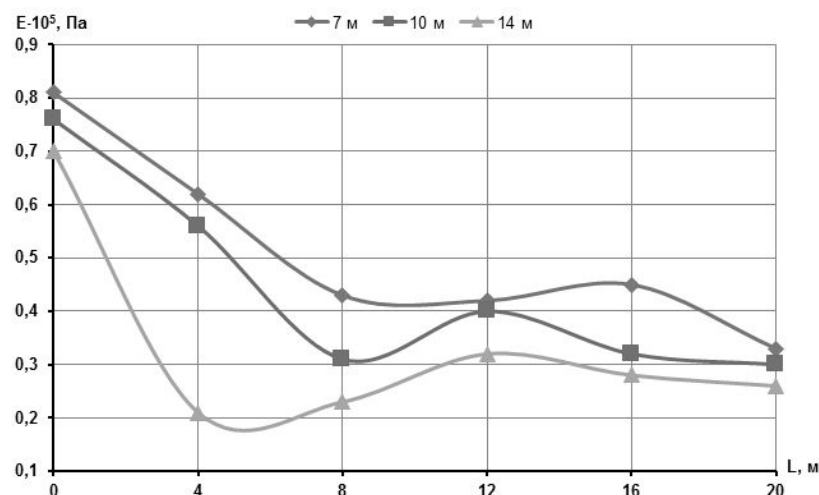


Рис. 1. Зміна модуля пружності стружки по довжині екстрактора при різній довжині її 100 г

температурних полів транспортними системами промислових екстракторів.

Мінімальне значення модуля пружності суміші завжди знаходиться в зоні другого люка на відстані 6...9 м. Потім пружні властивості частково відновлюються і знову погіршуються на виході з апарата.

Для зменшення подрібнення в них здійснюють перехід від багатолопатевих до малолопатевих транспортних систем з використанням заокруглень лобових поверхонь лопатей.

У **третьому розділі** розглянуто формування силових і

Для визначення впливу додаткового локального підведення механічної і теплової енергії на формування температурних полів запропоновано аналітичний опис поведінки шару сокостружкової суміші під дією елементів транспортних систем. Розглядалась сокостружкова суміш в статичному стані, коли тиск соку в порах стружки рівний нулю і її поведінка при наступному стисканні.

За таких умов зовнішній тиск, прикладений до виділеного об'єму сокостружкової суміші (рис. 2) буде:

$$P = P_{\Pi} + P_C, \quad (1)$$

де P_{Π} – надлишковий тиск в порах;

P_C – тиск, що передається на частинки бурякової стружки.

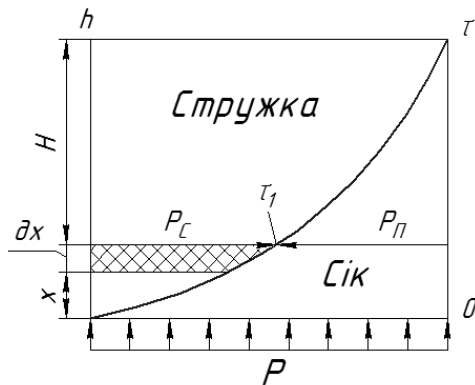


Рис. 2. Схема стискання сокостружкової суміші

В перший момент часу τ_1 зовнішній тиск P повністю передається на поровий сік, але в наступні проміжки часу тиск в соці P_C зі зміною гідростатичного тиску H буде зменшуватись, а тиск, що діє на стружку P_{Π} , зростати до тих пір, поки не стане рівним зовнішньому тиску.

Для елементарного шару δx на глибині x в об'ємі сокостружкової суміші збільшення вмісту соку q дорівнює зменшенню пористості шару n :

$$\frac{\partial q}{\partial x} = -\frac{\partial n}{\partial t}, \quad (2)$$

де q – витрата соку в напрямку x ;

n – об'єм соку в міжстружковому просторі

шару δx .

Залежність (2) являє собою умову нерозривності руху соку в шарі сокостружкової суміші. За законом фільтрації Дарсі для випадку направленого руху соку (вздовж осі x) отримаємо:

$$q = -k_{\phi} \cdot \frac{\partial H}{\partial x}, \quad (3)$$

де k_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації;

H – напір в соці.

Звідси:

$$\frac{\partial q}{\partial x} = -k_{\phi} \cdot \frac{\partial^2 H}{\partial x^2}. \quad (4)$$

Після ряду перетворень отримаємо в кінцевому вигляді диференціальне рівняння одновимірної задачі фільтраційного ущільнення сокостружкової суміші:

$$\frac{\partial P_C}{\partial t} = a \cdot \frac{\partial^2 P_C}{\partial x^2}, \quad (5) \quad \text{де} \quad a = \frac{k_{\phi} \cdot (1 + e_{сер})}{m_0 \cdot \rho_{\Pi}}. \quad (6)$$

Величина a коефіцієнт ущільнення, який відображає вихідні умови задачі по характеристиці ущільнення сокостружкової суміші і самого процесу фільтраційного ущільнення.

Для однозначного вирішення рівняння (5) доповнюємо його крайовими умовами стискання шару суміші товщиною $2h$ при двохсторонній фільтрації екстрагента (вгору і вниз) (рис. 3).

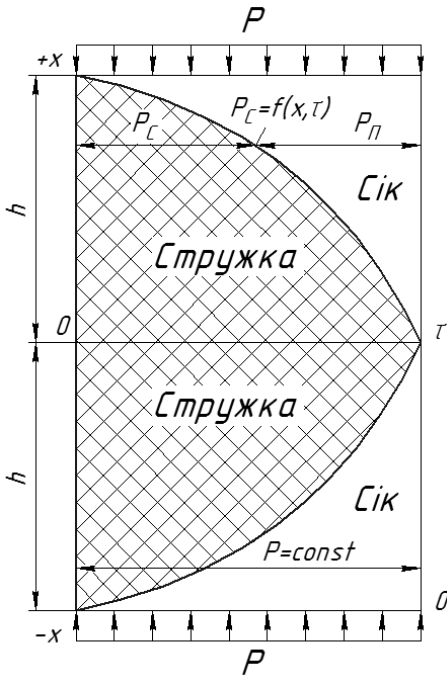


Рис. 3. Стискання шару суміші при двосторонній фільтрації екстрагенту

Після перетворень аналітичне рішення крайової задачі ущільнення шару соко-стружкової суміші буде:

$$P_C(x, t) = P \cdot \left(1 - \frac{4}{\pi} \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot x}{2 \cdot h}\right) \cdot e^{-\frac{\pi^2 \cdot a \cdot t}{4 \cdot h^2}} \right). \quad (11)$$

З (11) отримуємо закон зміни тиску P_C від часу для будь-якого фіксованого перерізу шару $x = h_1 = const$, $0 \leq h_1 \leq +h$:

$$P_C(h_1, t) = P \cdot (1 - A \cdot e^{-B \cdot t}). \quad (12)$$

де A і B – деякі постійні числа для даного значення.

Аналогічно закон зміни тиску по висоті шару для будь-якого фіксованого проміжку часу $t = t_1$ буде:

$$P_C(x, t_1) = P \cdot \left[1 - A_1 \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot x}{2 \cdot h}\right) \right]. \quad (13)$$

де A_1 – деяке постійне число для даного значення t_1 .

З рівняння (1) можна визначити розподіл тиску в екстрагенті в будь-якому перерізі шару для будь-якого моменту часу при заданому зовнішньому навантаженню P , обрахувавши перед цим значення P_C з виразу (11).

Отримане вирішення (11) дозволяє визначити швидкість фільтрації соку в будь-якому перерізі шару для будь-якого моменту часу. Щоб визначити витрату соку (об'ємну швидкість фільтрації) диференціювали по x рівняння (11). В результаті отримаємо:

$$q = \frac{k_\phi}{\rho_\Pi} \cdot P \cdot \frac{2}{h} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2 \cdot h} \cdot x\right) \cdot e^{-\frac{\pi^2 \cdot a}{4 \cdot h^2} \cdot t}. \quad (14)$$

З рішення (11) видно, що зміни фізико-механічних властивостей соко-стружко-

Вибираємо початок координат посередині шару. В цьому випадку функція $P_C(x, t)$ є парною відносно x для будь-якого фіксованого t , тому дана задача є симетричною і для неї при $x=0$ можна записати умову симетрії у вигляді (перша гранична умова):

$$\frac{\partial P_C(0, t)}{\partial x} = 0. \quad (7)$$

Оскільки розглядаємо фільтрацію соку через шар, то другу граничну умову при $x=h$ запишемо у вигляді:

$$P_C(h, t) = P = const, \quad (8)$$

бо сік вільно виходить через фільтрувальну поверхню $x=h$. За початкову умову задачі прийемо положення про те, що в момент часу $t=0$ по глибині шару було рівномірно розподілений ущільнюючий тиск $P_0 = const$:

$$P_C(x, 0) = P_0 = const. \quad (9)$$

Тоді, крайова задача формулюється у вигляді:

$$\frac{\partial P_C(x, t)}{\partial t} = a \cdot \frac{\partial^2 P_C(x, t)}{\partial x^2}, \quad (t > 0, -h \leq x \leq +h), \quad (10)$$

вої суміші, які враховані параметром a , впливають на розподіл тисків P_C і P аналогічно зміні тривалості процесу.

Одержані рішення описують перебіг зміни параметрів, що характеризують стан сокостружкової суміші на різних етапах її перебування в апаратах. Визначальний характер розподілу тисків в сокостружковій суміші під дією робочих органів транспортних систем в апаратах різних типів впливає на фільтраційну здатність шару стружки і відповідно формує температурні поля в апаратах, оскільки в більшості з них нагрівання стружки відбувається за рахунок передачі тепла стружці від нагрітого соку.

Дослідження теплового режиму роботи модернізованої колонної дифузійної установки КД2-А30 проводились нами на ВАТ «Кристал-М» (Миронівський цукровий завод). Особливістю конструкції цієї екстракційної установки була модернізована транспортна система, суть модернізації якої полягала у заміні транспортуючих лопатей краплеподібної форми (крило літака) на спеціально розроблені нами вперше для такого типорозміру апарата лопаті та контрлопаті.

Практичне вивчення температурних полів в дифузійних апаратах нахилоного типу DC-12 вели на ВАТ «Рокитнянський цукровий завод». Для цього використовували розроблений нами спеціальний пристрій для відбору проб сокостружкової суміші, які відбирали в 8 точках п'ятох переходів стружки з однієї секції транспортуючого шнеку в іншу, визначали її температуру і порівнювали з оптимальною в кожній секції апарата.

В результаті досліджень зафіксовано нерівномірний розподіл температури по поперечному перерізу апарата, особливо це помітно в головній частині. Різниця температури тут складає $30,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 4а для лівого і рис. 4б для правого шнеків). Далі вздовж екстрактора перепад температури по поперечному перерізу менш помітний від $16,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ в кінці другої секції до $6,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ — в четвертій. В хвостовій частині екстрактора перепад температури складає $4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

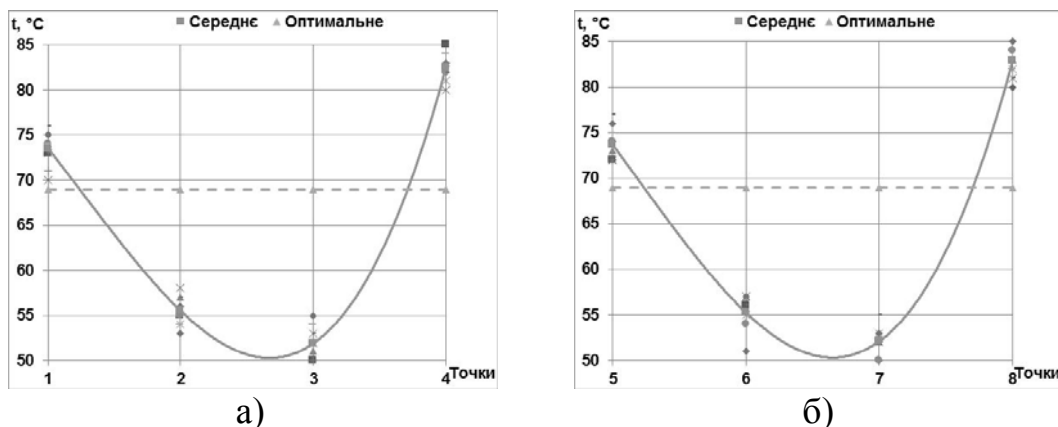


Рис. 4. Максимальна розбіжність температури по поперечному перерізі

Заводські датчики контролю, що встановлені на корпусі в чотирьох точках по довжині апарата, не відображають реальну картину теплового режиму процесу екстрагування.

Низькі температури сокостружкової суміші і строкатий їх розподіл по поперечних перерізах вздовж апарата викликає не тільки підвищені втрати сахарози в жомі через низьку інтенсивність масообміну, але й дуже високі невраховані втрати.

Четвертий розділ дисертації присвячено дослідженню впливу періодично діючих навантажень на сокостружкову суміш при масообміні сахарози.

Для визначення числових показників параметрів, що характеризують особливості гідродинамічних умов процесу було проведено ряд дослідів з використанням лабораторної установки, схема якої показана на рис. 5.

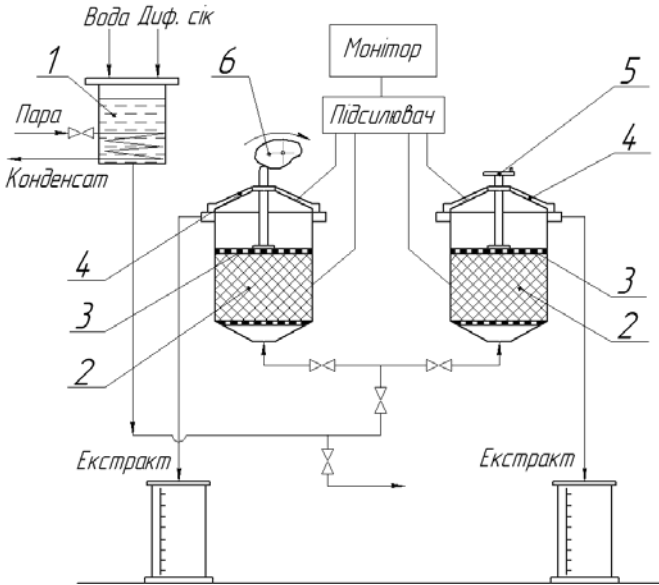


Рис. 5. Схема лабораторної експериментальної установки: 1 – бачок для приготування екстрагента, 2 – екстрактори, 3 – ситчасті диски, 4 – відкидні кронштейни, 5 – маховичок, 6 – кулачок

($V_i = 11,34$, $\beta = 6,33 \cdot 10^{-6}$ м²/с), які здійснюють імпульсну зміну тиску на сокостружкову суміш забезпечуючи надійне протитечійне переміщення твердої фази. Причому процес проходить інтенсивніше на 10...30 % порівняно з краплеподібними, трикутними лопатями і нерухомим шаром стружки відповідно. Це дає можливість при одній і тій же продуктивності апарату скоротити час екстрагування.

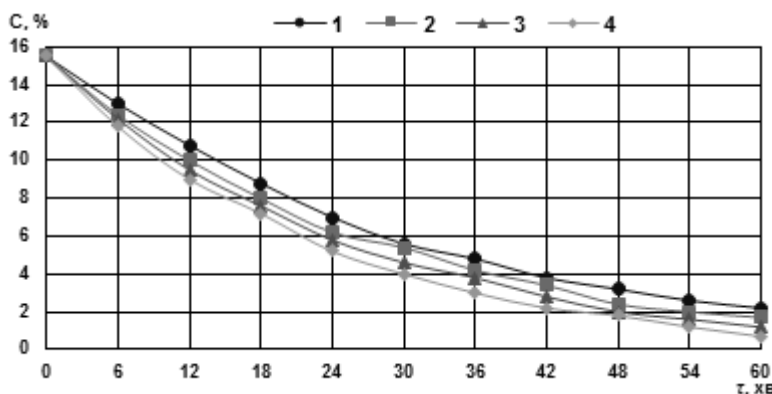


Рис. 6. Екстракційні криві для різних транспортних систем: 1) нерухомий шар стружки, 2) лопаті трикутної форми, 3) лопаті краплеподібної форми, 4) лопаті хвилеподібної форми

Досліджувалась взаємодія конструкцій транспортних систем з робочими органами різних профілів в системі «бурякова стружка – дифузійний сік» з нерухомим шаром стружки і з рухомим. Діяли зусилля подібні до тих, які створюють транспортні системи з лопатями трикутної, краплеподібної та хвилеподібної форми. Характеристики сокостружкової суміші в екстракторах моделювали її стан на різних етапах екстрагування в дифузійних апаратах. Екстракційні криві, побудовані за результатами таких дослідів наведено на рис. 6.

Визначення коефіцієнта масовіддачі β проводили методами, запропонованими В.М. Лисянським. З рис. 6 видно, що максимальні значення коефіцієнта масовіддачі та дифузійного критерію Біо характерні для лопатей хвилеподібної форми

Одержані результати β та дифузійного критерію Біо для різних типів транспортних систем екстракторів зображено на гістограмі (рис. 7). Для підбору форми робочої поверхні для будь-якого з апаратів, що використовуються в цукровій промисловості, в залежності від визначальних параметрів (ширина, довжина, крок, діаметр, радіус кривизни) було проведено досліди з прикладанням зусиль, що імітували роботу хвилеподібних лопатей з різними формами робочої поверхні.

Промислові дослідження масовіддачі в дифузійних апаратах нахиленого типу виконані паралельно на двох екстракторах DC-12 (ТДВ «Пальмірський цукровий завод»). Один з досліджуваних дифузійних апаратів працював зі шнеками, які виготовлені за кресленнями заводу-виготовлювача, а другий — з модернізованими нами шнеками.

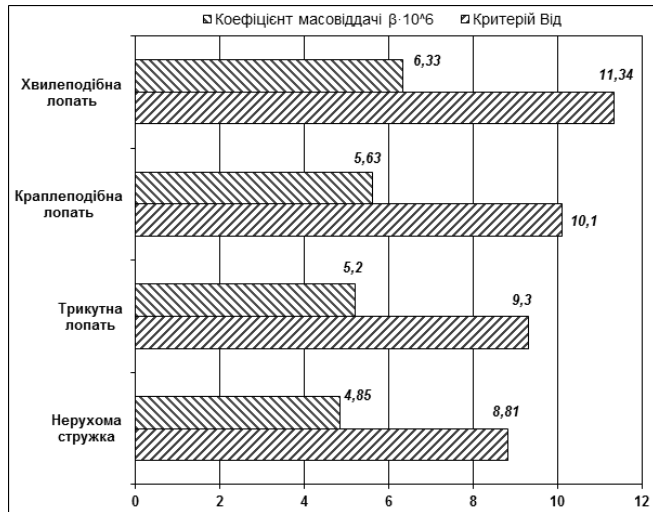


Рис. 7. Значення β та $V_{\text{Д}}$ для різних транспортних систем

Зміни β всі одержані залежності можна розділити на декілька груп. Віднесені до кожної з груп досліди об'єднує подібність гідродинамічних умов процесу та майже однакові величини основних факторів, які визначають технологічний режим роботи апарата.

В серійних апаратах типу DC завжди при зменшенні питомого наповнення і збільшенні відкачки максимальні значення коефіцієнта масовіддачі зміщуються до середини апарата. На апараті з модернізованою транспортною системою в жодному з дослідів максимум β не знаходиться на шостій розрахунковій ділянці, як це було на дифузійному апараті DC-12 до модернізації.

Розширення зони з максимальною інтенсивністю масовіддачі і її зміщення в головну частину екстрактора з модернізованою транспортною системою свідчить, що гідродинамічна обстановка по довжині апарата більш сприятлива і стабільніша (рис. 8). Найкращі гідродинамічні умови створюються при роботі апарата з високим значенням питомого наповнення і невеликою відкачкою.

За практично рівних умов роботи процес масовіддачі краще проходить на модернізованому апараті за рахунок зменшення «провалів» стружки і «проривів» соку, що знижують рушійну силу процесу (різницю концентрацій) і негативно впливають на інтенсивність знецукрення бурякової стружки.

В п'ятому розділі наведено науково-технічні аспекти удосконалення існуючого екстракційного обладнання і проблеми розроблення нового обладнання для екстрагування.

Серед науковців та спеціалістів цукрової промисловості наразі немає одностайної думки відносно переваг та недоліків між дифузійними апаратами та установками найпоширеніших типів. Відомі пропозиції по їх удосконаленню не були достатньо

Для зняття екстракційних кривих з врахуванням температури сокустружкової суміші серійний і модернізований екстрактор був розділений по довжині 12-ма дослідними точками на 11 розрахункових ділянок. Аналізи проб проводилися одночасно з всіх дослідних точок мікрохвильовим приладом pro/M/tec. Вимірювання концентрації сухих речовин в соці і фіксація на моніторі комп'ютера через кожні 20 с.

Аналіз даних і графічна інтерпретація розподілу коефіцієнта масовіддачі по довжині серійного та з модернізованою транспортною системою дифузійних апаратів DC-12 показують, що за характером

обґрунтованими, часто були помилковими, не давали бажаних наслідків. Результати досліджень, наведені в попередніх розділах, лягли в основу удосконалення існуючих та розробку нових вискоєфективних конструкцій екстракційного обладнання для цукрової промисловості.

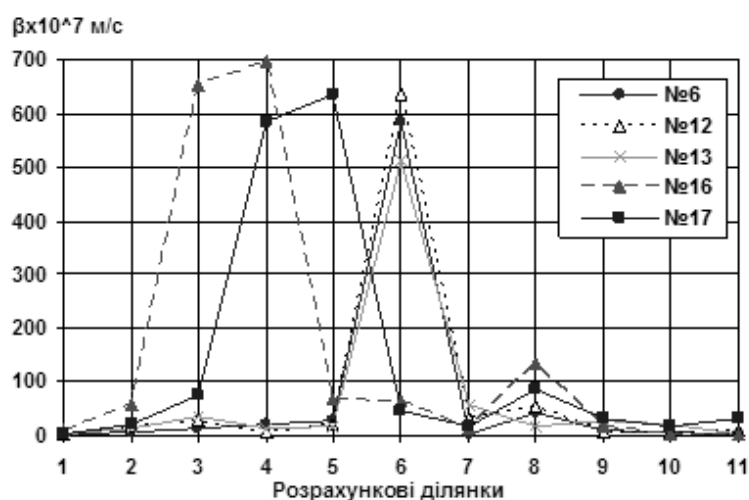


Рис. 8. Зміна значень коефіцієнта масовіддачі на серійному (досліди №6, №12, №13) і модернізованому (досліди №16, №17) екстракторах

бору сучасного приводу тощо.

Збільшення довговічності дифузійних апаратів і установок та створення відповідних встановленим режимам роботи умов екстрагування забезпечується зміною в допустимих межах деформацій, напружень, переміщень і зусиль, що спричинені силовими навантаженнями під час протитечійного переміщення бурякової стружки транспортними системами. Для надійної безаварійної роботи дифузійних установок і апаратів потрібно періодично (мінімум один раз на п'ять років) проводити комплексну діагностику їх технічного стану.

Якщо зношуваність елементів обладнання при проведенні процесу екстрагування можна прогнозувати, то неспіввісна установка валів транспортних систем та приводних станцій вносить непередбачуваність в роботу екстракторів протягом всього виробничого періоду і часто є причиною аварій.

На основі сучасних методів ультразвукової дефектоскопії нами розроблені методики визначення залишкового терміну служби основних елементів екстракторів — корпусів, трубовалів і транспортуючих елементів.

Нами розроблена, апробована і практично реалізована нова методика центровки валів шнеків та приводів дифузійних апаратів нахилоного типу за допомогою спеціального пристрою на основі лазерних ротаційних нівелірів.

Лазерний метод центрування точніший від методу з використанням металевої струни, безпечний, може застосовуватись при змонтованій транспортній системі без демонтажу і проведення додаткових газозварювальних робіт, проводиться набагато швидше і виконується двома спеціалістами, а не як раніше чотирма або п'ятьма.

Підвищення точності центрування елементів приводів і складних валів транспортних систем забезпечує стабільну роботу всього комплексу обладнання для вилучення цукрози із бурякової стружки, підвищує ефективність екстрагування, спри-

Для впровадження в промисловість пропонуються науково обґрунтовані технічні рішення (таблиця 1), які покращують гідродинамічну обстановку в апаратах та температурний режим, знижуючи споживання електроенергії приводами транспортних систем, та вирішують проблему їх зборки при виготовленні нових і установці модернізованих лопатей і контролопатей в колонних установках, секцій транспортуючих шнеків в апаратах нахилоного типу, центровки складених з окремих секцій валів великої довжини, під-

яє зменшенню витрат на капітальний ремонт обладнання, подовжує строки його служби.

Таблиця 1

Нові технічні рішення для впровадження в промисловість

Назва і номер патенту	Схематичне зображення	Технічний результат
Патент на корисну модель України № 65987 (дифузійний апарат нахиленого типу)		Вирівнювання температури по поперечному перерізі апарату за рахунок розміщення на стрічкових витках шнеків додаткових криволінійних витків
Патент на корисну модель України №84135 (дифузійний апарат нахиленого типу)		Зменшення рециркуляції через витки, рівномірне прогрівання бурякової стружки по поперечному перерізу за рахунок встановлення еластичних елементів на зовнішні витки шнеків
Патент на корисну модель України №84508 (дифузійний апарат нахиленого типу)		Вирівнювання швидкості руху бурякової стружки вздовж апарату в різних зонах його поперечного перерізу за рахунок встановлення між витками шнеків в концентричних проміжках додаткових лопаток
Патент на корисну модель України №34157 (колонний дифузійний апарат)		Встановлення транспортуючих лопатей нової форми, які сприяють пульсуючому переміщенню екстрагенту і покращують масовіддачу сахарози з поверхні стружки
Патенти на винахід №103418 та корисну модель України №76226 (колонний дифузійний апарат)		Підвищення питомої продуктивності колонного апарату за рахунок використання внутрішнього простору трубоваду з вбудованою транспортною системою, при якій колонний дифузійний апарат стає двохходовим
Патент на корисну модель України №84068 (ошпарювач бурякової стружки)		З метою відведення піни з ошпарювача при нагріванні стружки посередині верхньої частини циліндричного корпусу запропоновано встановити додаткові сита

Нові методи діагностики екстракційного обладнання і центрування транспортних систем і приводів екстракторів апробовано на 60 цукрових заводах України і Росії та одержано позитивні оцінки промисловців.

ВИСНОВКИ

На базі аналізу існуючого рівня теоретичного опису поширеного способу безперервного екстрагування сахарози із бурякової стружки, результатів власних експериментальних досліджень, виконаних в лабораторних і виробничих умовах розроблено, обґрунтовано та одержано важливі результати, які сприяють розв'язанню науково-прикладних задач вилучення сахарози в дифузійних апаратах збільшеної продуктивності. Сукупність одержаних даних дозволяє сформулювати наступні висновки і узагальнення.

1. Відповідно до умов проведення експериментів у виробничих умовах підібрані методики досліджень та визначено динаміку зміни структурно-механічних властивостей сокостружкової суміші в межах питомого наповнення $540 \dots 640 \text{ кг/м}^3$.

2. Установлено погіршення на $5 \dots 7 \%$ величин модуля пружності стружки з буряків, вирощених за новими технологіями.

3. Знайдена залежність пористості шару бурякової стружки від величини стилюючих зусиль в різних зонах апаратів нахилоного типу при питомому наповненні $540 \dots 640 \text{ кг/м}^3$.

4. Запропонована математична модель процесу стискання шару сокостружкової суміші дозволяє прогнозувати закономірності зміни тиску в ньому від тривалості навантаження.

5. Характер розподілу тисків в сокостружковій суміші під дією робочих органів транспортних систем різних типів визначає фільтраційну здатність шару стружки і формує температурні поля в апаратах. Вони рівномірні в колонних апаратах і мають значні відхилення температури (від 4 до $30,7 \text{ }^\circ\text{C}$) в апаратах нахилоного типу.

6. Ступінь прояву пружно-пластичних властивостей сокостружкової суміші в межах питомих наповнень стружкою об'єму $540 \dots 640 \text{ кг/м}^3$ залежить від співвідношення фаз та особливостей поля напружень, створюваних різними конструктивними формами робочих органів. Для зменшення ступені подрібнення твердої фази радіуси заокруглень лобових поверхонь лопатей в колонних апаратах мають бути в 2 рази більшими від мінімально допустимих розмірів довжини бурякової стружки.

7. Зміна модуля пружності сокостружкової суміші по довжині апаратів нахилоного типу пов'язані зі зміною температури в діапазоні $30 \dots 75 \text{ }^\circ\text{C}$ зменшує в середній частині величину коефіцієнта подачі шнековидних транспортних систем, знижуючи на $15 \dots 20 \%$ швидкість переміщення стружки вздовж апарата і утворюючи затори.

8. Максимальні значення коефіцієнта масовіддачі в колонних екстракторах характерні для лопатей хвилеподібної форми ($\beta=6,33 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, $V_{\text{д}}=11,34$), які здійснюють імпульсну зміну тиску на сокостружкову суміш і забезпечують надійне протитечійне переміщення твердої фази. Причому процес відбувається інтенсивніше на $10 \dots 30 \%$ порівняно з краплеподібними, трикутними лопатями і нерухомим шаром стружки відповідно.

9. Наведені в роботі зміни локальних значень коефіцієнта масовіддачі по довжині апаратів нахилоного типу DC-12 коливаються в межах $0,9 \cdot 10^{-6} \dots 695 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$ і зумовлені змінами швидкості руху стружки та її перемішування.

10. Величини повздовжнього перемішування найбільші спостерігаються в апаратах типу ПДС, де значення $D_L = 2,8 \cdot 10^{-3} \dots 9,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$. Радіальне перемішування сокостружкової суміші в апаратах типу ПДС розвинуто менше, ніж апаратах типу DC чи DdS.

11. Запропоновані науково-технічні рішення модернізації шнековидних транспортних систем апаратів нахилоного типу та лопатей в колонних дифузійних установках, які збільшують швидкість руху в середніх частинах, зменшуючи величини повздовжнього перемішування, мають новизну та захищені патентами на винаходи та корисні моделі України.

12. Розроблена і практично реалізована нова сучасна методика центровки валів шнеків та приводів апаратів нахилоного типу з використанням лазерних ротаційних нівелірів FL 20 і SIGMA 390142 дозволяє без демонтажу транспортної системи забезпечувати високу точність співвісності складових системи, економлячи час і спрощуючи вимірювальні операції.

Запропоновані методи створення конструкцій елементів транспортних систем для апаратів нового покоління разом з роботами по їх модернізації, центруванню та визначенню зношеності основних деталей і вузлів в існуючих апаратах виконані на 20 цукрових заводах України і Росії одержали схвальну оцінку підприємств і дали економічний ефект 900 тис. грн. і 1 млн. російських рублів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях:

1. Люлька, Д. Моделювання процесу стискання сокостружкової суміші в дифузійних апаратах / Д. Люлька, М. Пушанко // –К.: НУХТ, Ukrainian Food Journal. – 2013. –Vol. 2, Issue 3. –Р. 393-403.

Особистий внесок дисертанта: написання статті, підготовка до публікації.

2. Люлька, Д.Н. Зависимость интенсивности массоотдачи в системе «свекловичная стружка – диффузионный сок» от конструкции транспортных систем колонных диффузионных аппаратов / Д.Н. Люлька, А.А. Серегин // –М.: Союзроссахар, Сахар. –2010. №3, –С. 47-48.

Особистий внесок дисертанта: проведення досліджень, формулювання результатів і висновків.

3. Петрушка, В.П. Автоматизация и опыт эксплуатации диффузионной установки / В.П. Петрушка, Н.А. Бурый, А.А. Серегин, Д.Н. Люлька // –М.: Союзроссахар, Сахар. –2005. №1, –С. 52-53.

Особистий внесок дисертанта: узагальнення результатів, підготовка матеріалів до друку.

4. Нікольський, М. Мотор-редуктори нового покоління / М. Нікольський, Д. Люлька, О. Серьогін // Харчова і переробна промисловість. –2005. №4, –С. 28-29.

Особистий внесок дисертанта: наукове обґрунтування теоретичних положень, підготовка до публікації.

5. Люлька, Д. Ефективні способи діагностики екстракційного обладнання цукрових заводів / Д. Люлька, О. Серьогін, О. Арапов // Харчова і переробна промисловість. –2005. №3, –С. 6-7.

Особистий внесок дисертанта: проведення досліджень, формулювання ре-

зультатів і висновків.

6. Серьогін, О.О. Практичний досвід експлуатації, діагностики та ремонту промислових екстракторів / О.О. Серьогін, Д.М. Люлька, В.В. Пономаренко // Цукор України. –2011. –№ 1(61). –С. 51–55.

Особистий внесок дисертанта: узагальнення результатів і висновків, підготовка матеріалів до друку.

Матеріали та тези конференцій:

1. Люлька, Д.М. Дослідження впливу конструкції транспортної системи на процеси масообміну в екстракторі / Д.М. Люлька, О.О. Серьогін, В.М. Санов // 69-а студентська конференція. –К.: НУХТ, 2003. –Ч. 2. –С. 42.

Особистий внесок дисертанта: виконання експериментів.

2. Люлька, Д.М. Дослідження впливу конструкції транспортної системи на процес масообміну в колонному екстракторі / Д.М. Люлька, О.О. Серьогін // 73-а наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті». –К.: НУХТ, 2007. –Ч. 2. –С. 52.

Особистий внесок дисертанта: проведення досліджень, висновки.

3. Люлька, Д.М. Моделювання переміщень твердої фази транспортною системою у дифузійному апараті / Д.М. Люлька, О.О. Серьогін // 75-а наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті». –К.: НУХТ, 2009. –Ч. 2. –С. 242.

Особистий внесок дисертанта: виконання експериментів, результати.

4. Люлька, Д.М. Досвід модернізації дифузійної установки КД2-А30 / Д.М. Люлька // 72-а наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті». –К.: НУХТ, 2006. –Ч. 2. –С. 47.

Особистий внесок дисертанта: узагальнення результатів, висновки, підготовка матеріалів до друку.

5. Люлька, Д.М. Розробки університету по модернізації дифузійних відділень цукрових заводів / Д.М. Люлька, О.О. Серьогін // Науково-технічна конференція цукровиків України. –К.: Цукор України, 2007. –С. 190-191.

Особистий внесок дисертанта: наукове обґрунтування теоретичних положень, підготовка до публікації.

6. Ятлук, Д.Ю. Модернізація транспортної системи ошпарювача ПНА-3 шляхом зміни конструкції лопатей / Д.Ю. Ятлук, Д.М. Люлька, В.В. Пономаренко // 79-а наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті». –К.: НУХТ, 2013. –Ч. 2. –С. 140-142.

Особистий внесок дисертанта: формулювання висновків та результатів.

7. Люлька, О.М. Удосконалення конструкції дифузійного апарата нахилоного типу DC-12 / О.М. Люлька, В.В. Пономаренко, Д.М. Люлька // 77-а наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті». –К.: НУХТ, 2011. –Ч. 2. –С. 49-50.

Особистий внесок дисертанта: розробка конструкції обладнання.

8. Кадиков, М.Г. Модернізація транспортної системи дифузійного апарата

похилого типу DC-8 / М.Г. Кадиков, Д.М. Люлька, В.В. Пономаренко // Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів «Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі». –Харків: ХДУХТ, 2013. –Ч. 1. –С. 261.

Особистий внесок дисертанта: наукове обґрунтування теоретичних положень, підготовка до публікації.

9. Кадиков, М.Г. Модернізація транспортних систем екстракторів нахилоного типу / М.Г. Кадиков, Д.М. Люлька // Всеукраїнська науково-технічна конференція «Актуальні проблеми харчової промисловості». –Тернопіль: ТНТУ, 2013. –С. 101.

Особистий внесок дисертанта: наукове обґрунтування, висновки.

10. Кадыков, М.Г. Модернизация транспортной системы диффузионного аппарата наклонного типа DC-8 / М.Г. Кадыков, Д.Н. Люлька // Международный научный форум студентов, аспирантов и молодых ученых «Пищевые инновации и биотехнологии». –Кемерово: КемТИПП, 2013. –С. 710-713.

Особистий внесок дисертанта: обґрунтування удосконалення обладнання.

11. Кадиков, М.Г. Модернізація транспортної системи дифузійного апарата похилого типу DC-8 / М.Г. Кадиков, Д.М. Люлька, В.В. Пономаренко // 79-а наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті». –К.: НУХТ, 2013. –Ч. 2. –С. 137-138.

Особистий внесок дисертанта: розробка конструкції обладнання, висновки.

12. Кадиков, М.Г. Модернізація транспортних систем екстракторів нахилоного типу / М.Г. Кадиков, Д.М. Люлька // Міжнародна науково-практична конференція «Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг». –Харків: ХДУХТ, 2013. –Ч. 1. –С. 342-343.

Особистий внесок дисертанта: наукове обґрунтування, узагальнення результатів та висновки.

13. Люлька, Д.М. Хвилеподібні транспортні системи колонних дифузійних апаратів / Д.М. Люлька, О.О. Серьогін // 74-а наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті». –К.: НУХТ, 2008. –С. 248.

Особистий внесок дисертанта: розробка конструкції хвилеподібних лопатей, висновки.

14. Pushanko, M. Modernising of the columned diffusive device / M. Pushanko, V. Ponomarenko, D. Lulka // The Second North and East European Congress on Food NEE-Food – 2013. –Kyiv, 2013. –P. 174.

Особистий внесок дисертанта: узагальнення результатів, підготовка матеріалів до друку.

15. Якименко, С.О. Удосконалення ошпарювача бурякової стружки ПНА-2 / С.О. Якименко, Д.М. Люлька, В.В. Пономаренко // Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених і студентів «Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі». –Харків: ХДУХТ, 2013. –Ч. 1. –С. 284.

Особистий внесок дисертанта: наукове обґрунтування теоретичних поло-

жень, підготовка до друку.

16. Люлька, Д.М. Ефективність ошпарювання в дифузійних установках серії ЕКА / Д.М. Люлька, О.О. Серьогін // 70-а наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті». –К.: НУХТ, 2004. –Ч. 2. –С. 51.

Особистий внесок дисертанта: узагальнення результатів, підготовка матеріалів до друку.

17. Якименко, С.О. Модернізація ошпаривателя свекловичної стружки ПНА-2 / С.О. Якименко, Д.Н. Люлька // Международный научный форум студентов, аспирантов и молодых ученых «Пищевые инновации и биотехнологии». –Кемерово: КемТИПП, 2013. –С. 849-851.

Особистий внесок дисертанта: розробка конструкції модернізованого ошпарювача, висновки.

18. Якименко, С.О. Модернізація ошпарювача бурякової стружки ПНА-2 / С.О. Якименко, Д.М. Люлька, В.В. Пономаренко // 79-а наукова конференція молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті». –К.: НУХТ, 2013. –Ч. 2. –С. 139-140.

Особистий внесок дисертанта: наукове обґрунтування, узагальнення результатів та висновки.

19. Люлька, Д.М. Центрування транспортної системи екстракційного обладнання лазерним методом / Д.М. Люлька, М.М. Пушанко, В.В. Пономаренко // Міжнародна науково-практична конференція «Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг». –Харків: ХДУХТ, 2013. –Ч. 1. –С. 350-351.

Особистий внесок дисертанта: розроблення методики проведення досліджень, узагальнення результатів та висновки.

Патенти на винаходи та корисні моделі України:

1. Патент 65987 UA, МПК С13В 10/08 (2011.01) Дифузійний апарат нахиленого типу / Люлька Д.М., Пономаренко В.В., Люлька О.М.; заявник Національний університет харчових технологій. — № u201104867; заявл. 19.04.2011; опубл. 26.12.2011, Бюл. № 24, 2011 р.

Особистий внесок дисертанта: патентний пошук, підготовка матеріалів до патентування.

2. Патент 84135 UA, МПК С13В 10/00 (2013.01) Дифузійний апарат нахиленого типу / Люлька Д.М., Пономаренко В.В., Кадиком М.Г.; заявник Національний університет харчових технологій. — № u201304771; заявл. 15.04.2013; опубл. 10.10.2013, Бюл. № 19, 2013 р.

Особистий внесок дисертанта: патентний пошук, розроблення конструкції обладнання.

3. Патент 84508 UA, МПК С13В 99/00 (2013.01) Дифузійний апарат нахиленого типу / Люлька Д.М., Пушанко М.М., Пономаренко В.В.; заявник Національний університет харчових технологій. — № u201304765; заявл. 15.04.2013; опубл. 25.10.2013, Бюл. № 20, 2013 р.

Особистий внесок дисертанта: підготовка матеріалів до патентування.

4. Патент 34157 UA, МПК C13D 1/10 (2008.01) Колонний дифузійний апарат / Серьогін О.О., Адаменко В.П., Серьогіна Л.К., Люлька Д.М., Серьогіна Т.О.; заявник ТОВ «Фірма Дифузія». — № u200803874 ; заявл. 27.03.2008; опубл. 25.07.2008, Бюл. № 14, 2008 р.

Особистий внесок дисертанта: проведення патентного пошуку.

5. Патент 76226 UA, МПК C13B 45/00 (2012.01) Колонний дифузійний апарат / Пушанко М.М., Пономаренко В.В., Люлька Д.М.; заявник Національний університет харчових технологій. — № u201207595; заявл. 20.06.2012; опубл. 25.12.2012, Бюл. № 24, 2012 р.

Особистий внесок дисертанта: патентний пошук, розроблення конструкції обладнання.

6. Патент 103418 UA, МПК C13B 10/00 (2013.01) C13B 10/12 (2013.01) A23N 1/00 (2011.01) Колонний дифузійний апарат / Пушанко М.М., Пономаренко В.В., Люлька Д.М.; заявник Національний університет харчових технологій. — № u201207574; заявл. 20.06.2012; опубл. 10.10.2013, Бюл. № 19, 2013 р.

Особистий внесок дисертанта: підготовка матеріалів до патентування.

7. Патент 84068 UA, МПК C13B 10/00 (2013.01) Ошпарювач бурякової стружки / Люлька Д.М., Пономаренко В.В., Якименко С.О.; заявник Національний університет харчових технологій. — № u201304287; заявл. 05.04.2013; опубл. 10.10.2013, Бюл. № 19, 2013 р.

Особистий внесок дисертанта: проведення патентного пошуку.

8. Патент 66639 UA, МПК C13B 10/00 (2011.01) Спосіб отримання дифузійного соку / Люлька Д.М., Пономаренко В.В., Олійник В.В.; заявник Національний університет харчових технологій. — № u201107861; заявл. 22.06.2011; опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1, 2012 р.

Особистий внесок дисертанта: патентний пошук, розроблення конструкції обладнання.

9. Патент 102711 UA, МПК C13B 10/10 (2011.01) Спосіб одержання дифузійного соку / Люлька Д.М., Пономаренко В.В., Олійник В.В.; заявник Національний університет харчових технологій. — № u201107849; заявл. 22.06.2011; опубл. 12.08.2013, Бюл. № 15, 2013 р.

Особистий внесок дисертанта: патентний пошук, розроблення конструкції обладнання.

Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

1. Серьогін, О.О. Впровадження автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУТП) у відділенні дифузії / О.О. Серьогін, В.П. Петрушка, О.І. Риба, Д.М. Люлька, О.О. Осьмак // Науково-технічні розробки та інноваційні технології. – 3-е вид., доп. –К.: НУХТ, 2010. –С. 42-43.

Особистий внесок дисертанта: узагальнення результатів, підготовка матеріалів до друку.

2. Серьогін, О.О. Розробка методів і засобів діагностики екстракційного обладнання / О.О. Серьогін, В.П. Адаменко, Л.К. Серьогіна, Д.М. Люлька, О.О. Осьмак // Науково-технічні розробки та інноваційні технології. –К.: НУХТ, 2008. –С. 26-27.

Особистий внесок дисертанта: розробка методики діагностики, висновки.

3. Серьогін, О.О. Модернізація ошпарювачів бурякової стружки / О.О. Се-

рьогін, Л.К. Серьогіна, В.П. Адаменко, Д.М. Люлька, О.О. Осьмак // Науково-технічні розробки та інноваційні технології. – 4-е вид., доп. –К.: НУХТ, 2011. –С. 69.

Особистий внесок дисертанта: розробка нової конструкції, висновки.

4. Серьогін, О.О. Екстракційна установка колонного типу ЕКА / О.О. Серьогін, М.М. Пушанко, Л.К. Серьогіна, В.П. Адаменко, Д.М. Люлька, О.О. Осьмак // Науково-технічні розробки та інноваційні технології. – 4-е вид., доп. –К.: НУХТ, 2011. –С. 67.

Особистий внесок дисертанта: підготовка матеріалів до друку.

5. Серьогін, О.О. Комплексна діагностика екстракційного обладнання / О.О. Серьогін, В.П. Адаменко, Л.К. Серьогіна, Д.М. Люлька, О.О. Осьмак // Науково-технічні розробки та інноваційні технології. – 4-е вид., доп. –К.: НУХТ, 2011. –С. 58.

Особистий внесок дисертанта: розробка методів комплексної діагностики.

6. Серьогін, О.О. Двохшнекові екстрактори похилого типу ДН / О.О. Серьогін, М.М. Пушанко, Л.К. Серьогіна, В.П. Адаменко, Д.М. Люлька, О.О. Осьмак // Науково-технічні розробки та інноваційні технології. – 4-е вид., доп. –К.: НУХТ, 2011. –С. 66.

Особистий внесок дисертанта: розробка нової конструкції апарату.

7. Серьогін, О.О. Колонна дифузійна установка ЕКА / О.О. Серьогін, Л.К. Серьогіна, В.П. Адаменко, Д.М. Люлька, О.О. Осьмак // Наукові, науково-технічні та інноваційні розробки. –К.: НУХТ, 2008. –С. 89-90.

Особистий внесок дисертанта: наукове обґрунтування, узагальнення результатів та висновки.

8. Серьогін, О.О. Модернізація колонних дифузійних установок / О.О. Серьогін, Л.К. Серьогіна, В.П. Адаменко, Д.М. Люлька, О.О. Осьмак // Науково-технічні розробки та інноваційні технології. – 4-е вид., доп. –К.: НУХТ, 2011. –С. 71.

Особистий внесок дисертанта: удосконалення конструкції апарату, висновки.

9. Люлька, Д.Н. Разработка методов и средств диагностики экстракционного оборудования / Д.Н. Люлька // Основные направления деятельности. –К.: ІВЦ АЛКОН, 2004. –С. 23-24.

Особистий внесок дисертанта: розроблення методів і засобів проведення діагностики.

10. Серьогін, О.О. Центрування транспортних систем і приводів / О.О. Серьогін, В.П. Адаменко, Д.М. Люлька // Науково-технічні розробки та інноваційні технології. – 4-е вид., доп. –К.: НУХТ, 2011. –С. 57.

Особистий внесок дисертанта: розроблення методики центрування транспортних систем дифузійних апаратів.

АНОТАЦІЯ

Люлька Д.М. Розробка конструкцій транспортних систем дифузійних апаратів з метою інтенсифікації процесу екстрагування. – 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, 2014.

Дисертаційна робота присвячена розробленню транспортних систем дифузійних апаратів з метою інтенсифікації процесу екстрагування за рахунок створення

сприятливих гідродинамічних умов для його реалізації. Саме вони забезпечують надійність роботи апаратів високої продуктивності (5...10 тис. т переробки буряків на добу) при стабільних показниках якості дифузійного соку і мінімальних енерговитратах.

В результаті проведеного комплексу теоретичних та експериментальних досліджень поведінки сокостружкової суміші з різним наповненням її об'єму твердою фазою, характерним для дифузійних апаратів нахилоного і колонного типів, в роботі: розроблено математичну модель поведінки сокостружкової суміші під дією робочих органів, яка враховує зміну структурно-механічних властивостей стружки і їх вплив на її фільтраційну здатність; одержано розв'язання науково-прикладних задач конструювання транспортних систем у промислових дифузійних апаратах нахилоного і колонного типів; визначено нерівномірності температурних полів в секціях апаратів нахилоного типу збільшеної продуктивності і запропоновано способи їх вирівнювання; встановлено характер зміни інтенсивності масовіддачі під дією робочих органів різних конструкцій; запропоновано дієві способи збільшення надійності роботи транспортних систем в існуючих дифузійних апаратах нахилоного і колонного типів та в апаратах збільшеної продуктивності.

Практична цінність роботи визначається конкретними пропозиціями по удосконаленню існуючих і розробці нових дифузійних апаратів і установок, оптимізації процесу екстрагування і рекомендаціями по зниженню втрат сахарози за рахунок раціонального здійснення процесу тепломасообміну і покращення якості стружки.

Результати досліджень реалізовані при модернізації транспортних систем дифузійних апаратів нахилоного типу і колонних екстракторів, які впроваджено на 20 цукрових заводах України і Російської Федерації, що підтверджено актами і захищено патентами на винаходи і корисні моделі України.

Сформульовані в роботі наукові положення, висновки і рекомендації використані при проведенні проектно-конструкторських робіт по модернізації транспортних систем екстракційного обладнання.

Ключові слова: екстрактор, сокостружкова суміш, транспортна система, масовіддача, температурне поле.

АННОТАЦИЯ

Люлька Д.Н. Разработка конструкций транспортных систем диффузионных аппаратов с целью интенсификации процесса экстрагирования. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтической производств. – Национальный университет пищевых технологий, Киев 2014.

Диссертационная работа посвящена разработке транспортных систем диффузионных аппаратов с целью интенсификации процесса экстрагирования за счет создания благоприятных гидродинамических условий для его реализации. Именно они обеспечивают надежность работы аппаратов высокой производительности (5...10 тыс. т переработки свеклы в сутки) при стабильных показателях качества диффузионного сока и минимальных энергозатратах.

В результате проведенного комплекса теоретических и экспериментальных исследований поведения сокоотрующей смеси с различным наполнением ее объема твердой фазой, характерным для диффузионных аппаратов наклонного и колонного типов, в работе: разработана математическая модель поведения сокоотрующей смеси под действием рабочих органов, которая учитывает изменение структурно-механических свойств стружки и их влияние на ее фильтрационную способность; получены решения научно-прикладных задач конструирования транспортных систем в промышленных диффузионных аппаратах наклонного и колонного типов, определены неравномерности температурных полей в секциях аппаратов наклонного типа увеличенной производительности и предложены способы их выравнивания; установлен характер изменения интенсивности массоотдачи под действием рабочих органов различных конструкций; предложено способы увеличения надежности работы транспортных систем в существующих диффузионных аппаратах наклонного и колонного типов и в аппаратах увеличенной производительности.

Предложенные научно-технические решения модернизации шнековидных транспортных систем аппаратов наклонного типа и лопастей в колонных диффузионных установках, которые увеличивают скорость движения стружки в средних частях, уменьшая величины продольного перемешивания, имеют новизну и защищены патентами на изобретения и полезные модели Украины.

Разработана и практически реализована новая современная методика центровки валов шнеков и приводов аппаратов наклонного типа с использованием лазерных ротационных нивелиров FL 20 и SIGMA 390142, которая позволяет без демонтажа транспортной системы обеспечивать высокую точность соосности составляющих системы, экономя время и упрощая измерительные операции.

Практическая ценность работы определяется конкретными предложениями по усовершенствованию существующих и разработке новых диффузионных аппаратов и установок, оптимизации процесса экстрагирования и рекомендациями по снижению потерь сахарозы за счет рационального осуществления процесса тепломассообмена и улучшения качества стружки.

Результаты исследований реализованы при модернизации транспортных систем диффузионных аппаратов наклонного типа и колонных экстракторов, которые внедрены на 20 сахарных заводах Украины и Российской Федерации, что подтверждено актами и защищены патентами на изобретения и полезные модели Украины.

Сформулированные в работе научные положения, выводы и рекомендации использованы при проведении проектно-конструкторских работ по модернизации транспортных систем экстракционного оборудования.

Ключевые слова: экстрактор, сокоотрующая смесь, транспортная система, массоотдача, температурное поле.

ABSTRACT

Liulka D.M. Development of designs of transportation systems of diffusion devices, in order to intensify the process of extraction. - Manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.18.12 – Processes and Equipment for Food, Microbiological and Pharmaceutical Industries. – National University of Food Technologies, Kyiv, 2014.

This work is devoted to development of transportation systems in diffusion devices in order to intensify the extraction process by creating favorable hydrodynamic conditions for its implementation. They ensure the reliability of the machines performance (5...10 thousand tons of beets per day processing) in terms of stable quality juice and minimum energy consumption.

As a result of complex theoretical and experimental researches of behavior of chips juice mixtures with different volume content of solid phase characteristic of diffusion devices slope and column types at work. A mathematical model of behavior of chips juice mixture under the action of the workers, taking into account the change of the structural and mechanical properties of the chips and their impact on its filtering ability, obtained solving scientific and applied problems of designing transport systems in industrial diffusion apparatus slope and column types, defined by the uneven temperature fields in sections of devices such as slope increased productivity and the ways of their alignment, change the character set intensity of mass transfer under workers of different designs and proposed effective ways to increase the reliability of the transport system in the existing diffusion apparatus slope and column types and devices increased productivity.

The practical value of the work is determined by the specific proposals to improve existing and development of new diffusion devices and installations, streamlining the process of extracting and recommendations to reduce sucrose losses due to heat and mass transfer management of the process and improve the quality of chips.

Researching results are implemented in the modernization of transport systems of diffusion type and slope devices for column extractors that are implemented in 20 factories in Ukraine and Russian Federation confirmed acts and protected by patents for inventions and utility models Ukraine.

Formulated in the scientific statements, conclusions and recommendations used during the design work to modernize transportation systems extraction equipment.

Key words: extractor, chips juice mixture, transportation system, mass transfer, temperature field.