

Розподіл питомого навантаження стружки в об'ємі колонного дифузійного апарата

*М.М. Пушанко, доктор технічних наук, професор, Національний університет харчових технологій
А.М. Парахоня, аспірант, Національний університет харчових технологій*

Розглянуто особливості проведення процесу дифузії цукрози з бурякової стружки. Проведено огляд конструкцій колонних дифузійних апаратів. Показано нерівномірний характер розподілу стружки по висоті колони. Розглянуто розроблену, захищену патентом України на корисну модель, конструкцію пробовідбірника ПВ-1 та методику проведення дослідів. Опрацьовані результати експериментів. Вони показали нерівномірний характер розподілу стружки по радіусу R колони. Знайдено графічні та аналітичні функції $q = f(R)$. Розглянуто чинники, що впливають на розподіл питомого навантаження сокостружкової суміші в об'ємі колони. Запропоновані практичні заходи, що забезпечать покращення роботи колонної дифузійної установки.

Ключові слова: стружка, питома навантаження, колонний дифузійний апарат.

Рассмотрены особенности проведения процесса диффузии сахарозы со свекловичной стружки. Проведен осмотр конструкций колонных диффузионных аппаратов. Указано на неравномерный характер распределения стружки по высоте колонны. Рассмотрено разработанную, защищенную патентом Украины на полезную модель, конструкцию пробоотборника ПВ-1 и методику проведения экспериментов. Обработаны результаты экспериментов. Они указали на неравномерный характер распределения стружки по радиусу R колонны. Найдены графические и аналитические функции $q = f(R)$. Рассмотрены причины, что воздействуют на распределение удельной нагрузки сокостружечной смеси в объеме колонны. Предложены практические приемы, что обеспечат улучшение работы колонной диффузионной установки.

Ключевые слова: стружка, удельная нагрузка, колонный диффузионный аппарат.

The features of the diffusion of sucrose from sugar beet chips. An examination of column designs diffusers. Indicated on the uneven distribution of the chips on the height of the column. Considered developed, protected by a patent of Ukraine for useful model konstruktsiyu PV-1 probe, and how to conduct experiments. Treated with the experimental results. They pointed to the uneven distribution of the chips on the radius R column. Found graphical and analytical functions $q = f(R)$. The reasons that affect the distribution of the specific load sokostruzhechnoy mixture in the volume column. Proposed practical techniques that will ensure improvement of the diffusion column installation.

Keywords: chips, unit load, a columned diffusion machine.

Вилучення цукрози із бурякової стружки – складний тепломасообмінний процес, що відбувається в дифузійних установках різних конструкцій. Усталена кінетика такого процесу часто ускладнюється незначним перебігом хімічних реакцій, що змінюють величину рН екстрагента, а також необґрунтованим місцем і часом вводу жомопресої води сумнівної якості.

Сам процес поділяється на кілька важливих стадій. Перша – це вилучення розчину цукрози з пошкоджених клітин тканини бурякової стружки, залежить від якості стружки. Друга – ди-

фузійне переміщення молекул цукрози до меж стружинок, характеризується коефіцієнтом дифузії цукрози в стружці. Наступна – перехід цукрози з поверхонь стружинок в екстрагент, залежить від гідродинамічних умов виконання процесу. Останні створюються транспортними системами дифузійних апаратів і в значній мірі визначаються масою стружки в м³ (питомим навантаженням об'єму). За поширених тепер способів виконання процесу екстрагування він доповнюється механічним віджимом розчину цукрози на пресах з наступним додаванням його в ек-

трагент.

Загальна швидкість перебігу процесу залежить від багатьох факторів: початкового вмісту цукрози в стружці, що збільшує величину рушійної сили – різницю концентрацій, розмірів стружки, її якості, температури і маси стружки в одиниці об'єму апарата. Ці показники разом з тривалістю процесу визначають продуктивність апаратів, якість дифузійного соку і величину втрат цукрози в жомі. Як відомо, добову продуктивність дифузійних установок визначають за формулою:

$$G = \frac{24 \cdot 60 \cdot V \cdot \varphi \cdot q}{1000 \cdot \tau} \quad (1)$$

де V – загальний об’єм апарата, m^3 ;

φ - коефіцієнт його використання;

q - маса стружки в одиниці об’єму апарата (питоме навантаження) kg/m^3 ;

τ - тривалість процесу в апараті, хв.

Ліквідація застійних зон в апаратах і забезпечення транспортними системами рівномірного питомого навантаження об’ємів стружкою зменшують тривалість її перебування в апаратах τ , збільшують величину q і, не збільшуючи розмірів, підвищують продуктивність.

Сьогодні в промисловості України використовується 87 дифузійних апаратів і установок різних типів (колонних, ротаційних, нахилоного типу) [1]. Колонні дифузійні установки різних конструкцій становлять 28% від загальної кількості. Вони знайшли поширення завдяки виконанню окремих стадій процесу в двох апаратах з можливістю корекції їх роботи для досягнення нормативних показників (величини відкачки – 120%, втрат цукрози в жомі 0,4% до маси буряків і температури дифузійного соку 30-40° С).

Різні конструкції таких апаратів (КДА-25-66, КДА-30-66, А2КД2-(20,25,30), Ж4-ПДБ-3, ЕКА-2 і ЕКА-3) розраховані на продуктивність 2,0-3,0 тис. тонн буряків/добу, мають колони діаметром 5 або 6 м, висотою 12-15 м з трубовалами діаметром 2 або 2,5 м. В активній частині об’єму таких апаратів знаходиться від 70 до 150 тонн стружки при середньоінтегральному часі її перебування 72-90 хвилин.

Транспортні системи колонних апаратів мають різну конструкцію лопатей (об’ємні типу крила літака, краплевидну, хвилеподібну, найчастіше плоску з ребрами жорсткості) і поділяються на 2 типи: малолопатевої та багатолопатевої, які забезпечують середню завантаженість стружкою їх об’ємів в межах 720-750 kg/m^3 .

В такі колони стружка подається відцентровими насосами в їх нижні частини у вигляді соко-стружкової суміші. Для стабільної подачі суміші її змішують з екстрагентом у відношенні стружка/вода 1:3, що становить 400% до маси бурякової стружки. Змішуючись зі 100% екстрагента, що рухається зверху до низу колони вони утворюють суміш 1:4, в якій маса стружки в нижній зоні висотою 1-1,5 м. становить 250 kg/m^3 з поступовим збільшенням до 350 kg/m^3 . За межами цієї зони по висоті колон відбувається подальше збільшення величини питомого навантаження об’єму до максимальних значень 820-850 kg/m^3 в зоні установки вивантажувальних пристроїв. Соко-стружкова суміш набуває властивостей пружно-пластичного тіла при $q > 500 kg/m^3$.

За умов мінімального питомого навантаження над ситового поясу нижні ряди лопатей та контролопатей виконують головним чином роль перемішуючих елементів, що поступово направляють вгору вільно плаваючу стружку.

Поступове збільшення питомого навантаження в одиниці об’єму апарата змінює структурно-механічні властивості соко-стружкової суміші, яка набуває властивостей пружно-пластичного тіла при $q = 500 kg/m^3$.

В середній частині величина питомого навантаження сягає 550-700 kg/m^3 за певних умов пов’язаних з місцем вводу екстрагента, типом вивантажувального пристрою і місцем його установки може підвищуватись до 900 kg/m^3 [2].

Така залежність зміни питомого навантаження стружки по висоті колони $q = f(H)$. вказує на незадовільний рівень розподілу стружки в об’ємі апарату. Це знижує в окремих зонах площу контакту стружки і соку, зменшує загальний коефіцієнт масовіддачі, збільшує навантаження на елементи транспортної сис-

теми, призводить до зниження продуктивності апарату та підвищенню втрат цукру в жомі.

Досліди проведені співробітниками КТІХП по визначенню коефіцієнта масовіддачі в колонному дифузійному апараті показали, що найвищого значення він набуває в середній частині [3]. Питоме навантаження тут коливається в межах 550-700 kg/m^3 і створює нормальні умови для омивання стружки екстрагентом. Підвищення середньої величини питомого навантаження згідно (1) при незмінних розмірах колон дозволить підвищити їх продуктивність.

Вплив питомого навантаження стружки на процес екстрагування досліджувався в роботах [4,5], розроблялися методи його збільшення і стабілізації. Проте закономірності розподілу питомого навантаження в об’ємі колони та фактори, що на нього впливають, досліджені недостатньо і досі немає єдиної думки щодо оптимальної конструкції транспортних систем та конфігурації їх робочих органів [6]. За більше ніж 60 років історії розвитку колонних дифузійних апаратів науковцями та конструкторами було розроблено багато варіантів конструкцій елементів транспортних систем та варіантів їх компоновки. Давно помічений виробничниками зв’язок між раціональними розмірами діаметра колон і трубовалів, способами розміщення лопатей і величини питомого навантаження $q = f(R)$ і досі немає належного пояснення.

Для дослідження характеру розподілу соко-стружкової суміші в об’ємі колонного дифузійного апарату нами розроблений пробовідбірник ПВ-1 [7] (рис.1). Він складається з направляючої труби 4 з сегментним вирізом. Зона дослідження визначається довжиною сегмента. Вона закріплена в нижній частині контролопати. Всередині направляючої труби 4 рухається труба 5, яка має подібний сегментний виріз і

ПЕРЕДОВИЙ ДОСВІД

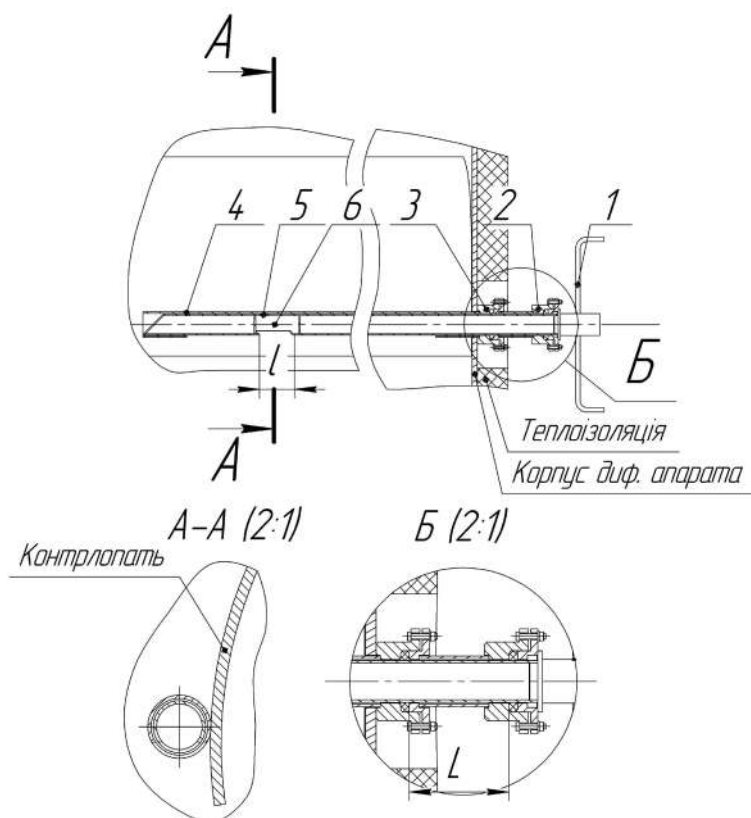


Рис.1. Схема установки пробовідбірника

при повороті утворює робочу камеру 6 довжиною l для відбору сокостружкової суміші. На виході з корпусу апарата труби 5 з відібраною пробєю встановлено фланцеві ущільнюючі пристрої 2 і 3. Довжина камери 6 менша за відстань між ущільненнями $l < L$. Така конструкція забезпечує герметичність пристрою при виконанні процесу відбору проб, оскільки один ущільнюючий вузол постійно закритий. Управ-

ління пробовідбірником здійснюється рукояткою 1.

Для дослідження залежностей $q=f(H)$ і $q=f(R)$ використовувались пробовідбірники типу ПВ-1, захищені патентом України на корисну модель [7]. В сезон 2011 року вони були встановлені в об'єм колонного дифузійного апарата КД2-А30 на ПАТ «Червоноський цукровик» (рис.2), транспортна система якого обладнана лопатями типу «крапля».



Рис.2. Пробовідбірник ПВ-1 в робочому положенні

По висоті колони їх розміщено на рівні 4, 8 та 12 ряду контролопатець. Під час виробничого сезону 2011 року нами проведені дослідження полів розподілу величини питомого навантаження об'єму по висоті $q=f(H)$ та по кільцевому об'єму $q=f(R)$ в різні моменти дії лопатевої системи на шар стружки. За допомогою 3-х пробовідбірників (рис.1) проби відбиралися по запланованим точкам з кроком 100 мм. В лабораторії проби суміші аналізувалися на вміст стружки і вираховувалися величини питомого навантаження стружки. Дослідні дані показали, що розподіл маси стружки в площині поперечного перерізу нерівномірний.

За допомогою програми CurveExpert 1.4 та Advanced Grapher проведена обробка дослідних даних, побудовано графічні залежності $q=f(R)$ та $q=f(H)$ (рис.3).

За одержаними даними процес розподілу питомого навантаження по радіусу колони R можна описати поліноміальним рівнянням 3-го порядку (2).

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 \quad (2)$$

де коефіцієнти a , b , c , d залежать від параметрів, що характеризували процеси тепломасообміну і переміщення стружки під час проведення дослідів. Їх значення коливались в межах $a = 600 \dots 906$, $b = -0,98 \dots -0,24$, $c = -3,87 \cdot 10^{-4} \dots 0,001$, $d = -4,24 \cdot 10^{-7} \dots 2,02 \cdot 10^{-7}$.

На розподіл стружки в об'ємі колонного дифузійного апарата впливає багато чинників: якість стружки, форма, кількість та взаємне розташування елементів транспортної системи, співвідношення складових сокостружкової суміші, що подається в апарат насосом. Різна колова швидкість руху ділянок лопаті по її довжині зумовлює різну швидкість переміщення кругових потоків сокостружкової суміші.

Для забезпечення норматив-

в щілинах сит, що погіршує гідродинамічну обстановку процесу та відбір циркуляційного соку з колони. Спроби уникнути таких порушень збільшенням частоти обертання транспортних систем не завжди вирішують проблему. Транспортні системи поділяються на два типи: малолопатеві (28-30 шт.) та багатолопатеві (150-200 і більше шт.). Лопаті можуть бути закріплені на валу радіально або тангенціально. В процесі роботи колони з радіально встановленими лопатями, стружка, внаслідок взаємодії пари лопать-контрлопатель, зміщується від валу до стінки корпуса. При тангенціально встановлених лопатях вона рухається навпаки.

Лопаті мають різну форму поперечного перерізу:

- крапля, крило літака, хвилеподібну форму – малолопатеві системи;

- форму трикутного перерізу – багатолопатеві.

Характер розміщення лопатей однакової конструкції і їх крок по висоті однакові, інколи змінюється лише кількість контрлопатель. Кут нахилу до горизонту 18° - 22° забезпечує оптимальний режим транспортуван-

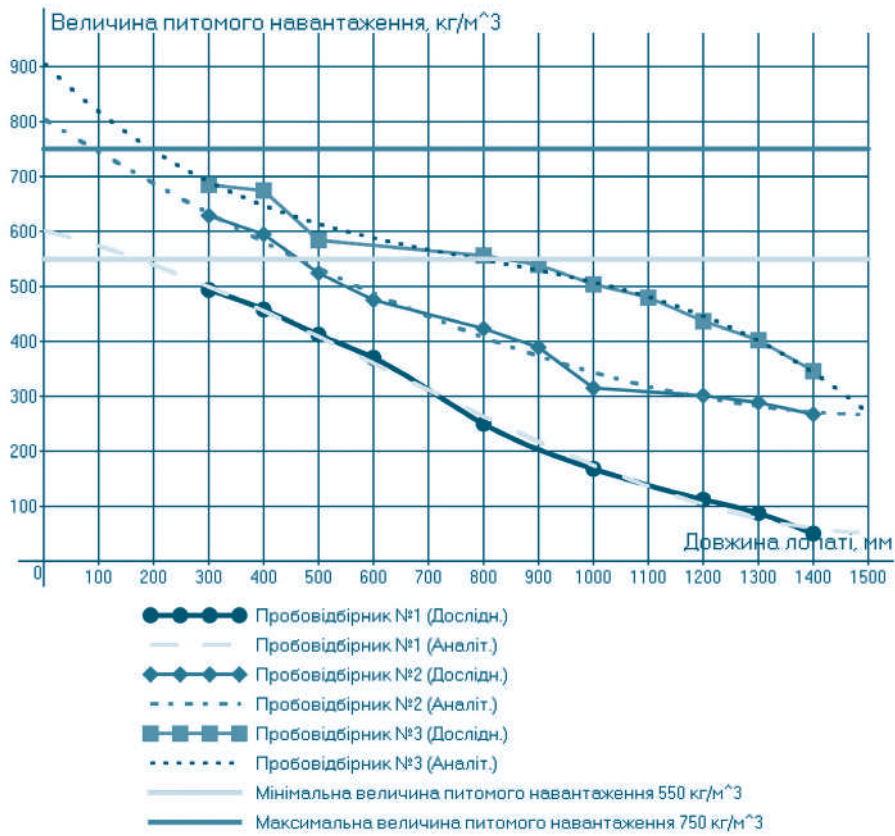


Рис.3. Графічна залежність величини питомого навантаження по радіусу $q = f(R)$ та висоті $q = f(H)$ колони

них технологічних показників і нормального функціонування транспортної системи бурякова стружка має бути відповідної якості [8]. Колонні установки успішно працюють при довжині 100 грамів стружки – 10-13

м, кількості браку в ній не більше 3% [9]. При таких параметрах стружка та екстрагент будуть добре рухатись протичіжно. Вміст браку 3% і більше призводить до залягання пульпи в пористій структурі суміші і

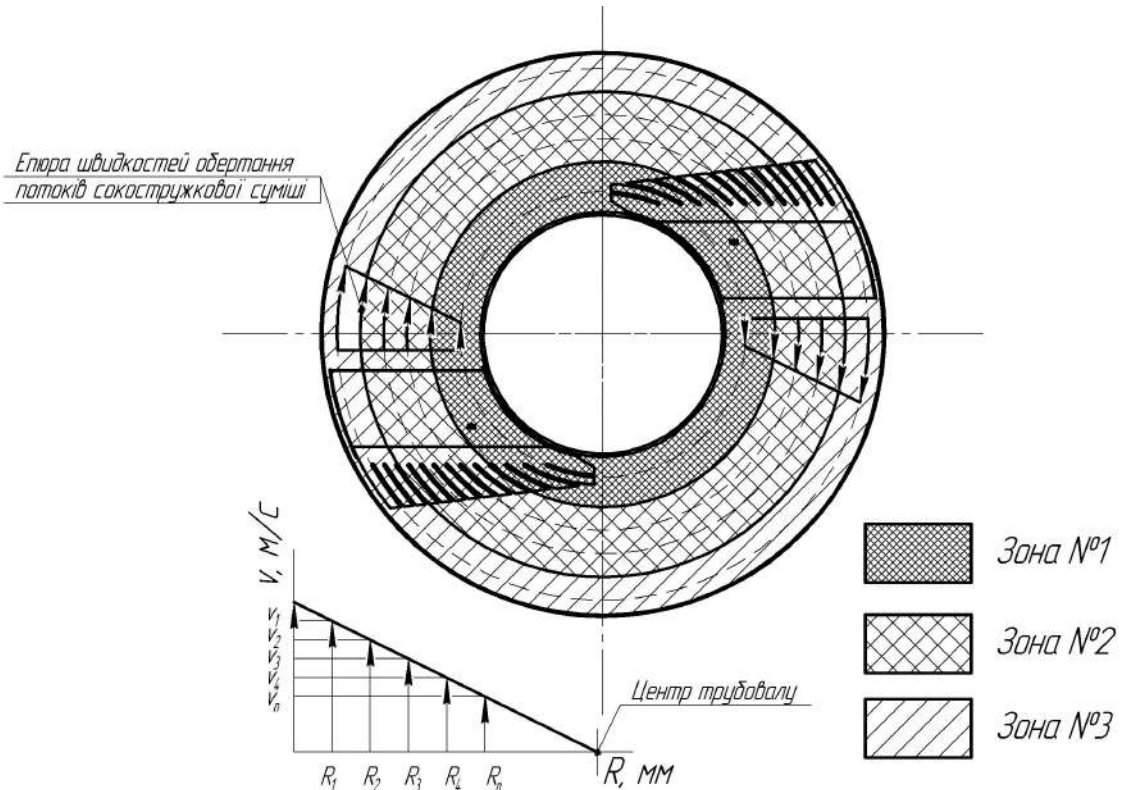


Рис.4. Зони та характер розподілу питомого навантаження по радіусу колони та потоків швидкостей стружки

ПЕРЕДОВИЙ ДОСВІД

ня стружки в середній та верхній частинах колони, виключає її інтенсивне перемішування в перехідних зонах між лопатями та контрлопатями [10]. Проте процес вилучення цукрози в надситовій зоні відбувається при значному перемішуванні компонентів суміші.

В досліджуваному апараті КД2-А30 діаметр колони 6 м., діаметр трубоваля 2,6 м. соко-стружкова суміш подавалась в нижню частину колони через розподільний пристрій (лопоть) у співвідношенні екстрагент-стружка 3-5:1 відповідно. Це забезпечувало стабільну роботу насоса соко-стружкової суміші і знижувало рівень питомого навантаження стружки в нижній частині колони до 250-350 кг/м³, сприяючи інтенсивному перемішуванню стружки та її рециркуляції між шарами.

За таких умов точка лопаті біля трубоваля проходить шлях по колу довжиною 8,164 м, а крайня 18,5 м. Кінцева точка лопаті за цей же час проходить в 2,27 рази довший шлях ніж початкова. Швидкість точки біля валу, при частоті обертання $n = 0,6$ об/хв., дорівнює 4,9 м/хв., крайньої – 11,1 м/хв. За даними досліджень розподіл стружки по радіусу колони **R умовно ділиться** на три зони (**рис.4**).

Зона №1 розташована біля валу, має ширину 250-300 мм, характеризується найбільшою величиною питомого навантаження. В цій зоні стружка може частково обертатись з трубовалом, що призводить до її злежування. **В зоні №2**, що займає $\sim 3/5$ радіуса апарата, відбувається поступове падіння величини питомого навантаження соко-стружкової суміші. Це пояснюється підвищенням швидкості руху потоків стружки за рахунок їх переміщення по збільшеному радіусу R. Ця зона закінчується на відстані 250-300 мм від стінки корпусу. Різке падіння питомого навантаження спостерігається в **зоні №3**. В ній збільшується інтенсивність перемішу-

вання стружки завдяки існуючому зазору між краєм лопаті та корпусом апарата шириною 50-60 мм.

Висновки

Установлений експериментально нерівномірний характер розподілу питомого навантаження по висоті і радіусу колонного дифузійного апарата пояснює виникнення умов погіршення гідродинамічних обставин в колоні. Це призводить до зменшення коефіцієнта масовіддачі, збільшення силового навантаження на лопаті в місцях їх закріплення на трубовалу. Для підвищення середньої величини питомого навантаження об'єму колони треба:

- при розробці конструкцій лопатей для новостворюваних колонних апаратів доповнювати їх класичні форми додатковими елементами, що зміщують потоки, усувають застійні зони з урахуванням наведених результатів досліджень;

- для досягнення оптимальних значень питомого навантаження по зонах апарата забезпечувати подачу соко-стружкової суміші з максимальним вмістом стружки;

- для стабілізації протитечійного переміщення суміші стружка-екстрагент забезпечувати максимальне значення шведського фактора стружки після ошпарювача.

Практичне виконання перелічених заходів з урахуванням результатів експериментальних досліджень забезпечить збільшення продуктивності колонних дифузійних установок і зменшить втрати цукру в жомі.

Список використаних джерел

1. *Верхола Л.А., Пушанко М.М.* Екстракція цукру з буряків: можливості наявного обладнання // Цукор України – 2011.- №11. – с. 33-41
2. *Пушанко М.М., Парахоня А.М.* Проблеми екстрагування цукрози в колонних дифузійних

установках // Харчова промисловість, № 10, 11, Київ, НУХТ, 2011

3. *Лисянський В.М., Верхола А.П., Пушанко Н.Н.* Исследования массообмена в диффузионных аппаратах непрерывного действия // Сахарная промышленность - 1996, №6, с. 7-10

4. *Вайлов В.Я.* Исследования и разработка метода стабилизации удельной нагрузки свекловичной стружки в колонном диффузионном аппарате: Автореф. дис... канд. техн. наук: 175/ Киев. Технол. Ин-т. Пищ. Промсти. – К., 1969. – 23 с.

5. *Пат. на корис. модель ПУ №8856* Колонний дифузійний апарат. Пушанко М.М., Форкун В.В. // Опубл. 15.08.2005 бюл.№8

6. *Верхола Л.А., Пушанко Н.Н.* Гидродинамические процессы в колонных диффузионных установках // Цукор України – 2008.- №6. – с. 33-41

7. *Пат. На корис. модель №62257U* Україна, С13В 10/00 (2011.01) Пробовідбірник // Пушанко М.М. Парахоня А.М. // №и 201015498; Заявл. 22.12.2010; Опубл. 25.08.2011

8. *Коваль Е.Т., Ярмилко В.Г., Вайлов В.Я.* Непрерывно действующая колонная диффузионная установка // Сахарная промышленность - 1965, №4, с. 16-21

9. *Штангеев В.О., Кобер В.Т., Белостоцкий Л.Г. и др.* Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства. В 2-х ч. Ч. 1. – К., // Цукор України – 2003. – 352 С., с. 87-88

10. *Серегин А.А.* Исследование и разработка рациональных транспортных систем колонных диффузионных аппаратов. Дис. канд. тех. наук – К. : КТИПП. – 1982.-210 с., С. 93

Рецензент: В.М. Логвін, д.т.н., проф.