

## Ефективність різних варіантів проведення переддефекації дифузійного соку

*Л.П. Рева, доктор технічних наук, професор кафедри цукру та підготовки води, Національний університет харчових технологій*

*О.О. Петруша, аспірант кафедри цукру та підготовки води, Національний університет харчових технологій*

*Переддефекація дифузійного соку спрямована на максимальне видалення розчинних нецукрів із утворенням осаду, стійкого до умов високої лужності та температури основної дефекації та з нормальними седиментаційно-фільтрувальними властивостями. В роботі наведені дані порівняльних досліджень ефективності трьох способів попередньої дефекації: одноразової, прогресивної вапняної та прогресивної протитечійної, при чому за одержаними результатами кращою виявилась прогресивна протитечійна переддефекація, для реалізації якої розроблено удосконалений вертикальний прогресивний протитечійний переддефекатор.*

*Ключові слова: переддефекація, прогресивна вапняна переддефекація, прогресивна протитечійна переддефекація.*

*Преддефекация диффузионного сока направлена на максимальное удаление растворимых несахаров с образованием осадка, устойчивого к условиям высокой щелочности и температуры основной дефекации и с нормальными седиментационно-фильтровальными свойствами. В работе приведены данные сравнительных исследований эффективности трех способов предварительной дефекации: одноразовой, прогрессивной известковой и прогрессивной противоточной, причем по полученным результатам лучшей оказалась прогрессивная противоточная преддефекация, для реализации которой разработан усовершенствованный вертикальный прогрессивный противоточный преддефекатор.*

*Ключевые слова: преддефекация, прогрессивная известковая преддефекация, прогрессивная противоточная преддефекация.*

*Preliming of diffusion juice aims for ultimate recovery of soluble nonsugars from the formation of sediment resistant to conditions of high alkalinity and temperature of basic liming and with normal sedimentation-filtering properties. The research contains the data of comparative studies of efficiency of three methods of prior liming: single, lime progressive and progressive counterflow, herewith under the obtained results it turned out that the best method is progressive counterflow preliming with developed implementation of vertical progressive counterflow prelimer.*

*Keywords: preliming, progressive prior liming, progressive counterflow preliming.*

**В**ихід та якість готової концентрованої продукції в бурякоцукровому виробництві безпосередньо залежить від ефективності очищення дифузійного соку. Попередня дефекація дифузійного соку зосереджує в собі одну із визначальних стадій видалення нецукрів, що перешкоджають отриманню цукру високої якості. Процес переддефекації передбачає оброблення дифузійного соку відносно невеликою дозою вапна у кількості 0,25-0,35 % CaO до маси буряків (в залежності

від якості сировини) для максимального видалення деяких розчинних нецукрів: коагуляцією ВМС – білків і пектинів та осадженням аніонів кислот у формі малорозчинних солей кальцію. Додатково в сучасній технології очищення соку на переддефекацію повертають осад CaCO<sub>3</sub> у формі нефільтрованого соку I сатурації та згущеної суспензії осаду соку II сатурації. Утворений в процесі попередньої дефекації осад нецукрів повинен мати структуру, достатньо стійку до пептизуючої дії високої лужності

та температури гарячого ступеня комбінованої основної дефекації, а також забезпечувати хороші седиментаційно-фільтрувальні властивості осаду переддефекованого соку та I сатурації. Від ефективності видалення нецукрів дифузійного соку під час попередньої дефекації буде залежати в певній мірі чистота очищеного соку (за оптимальних умов проведення наступних технологічних процесів очищення). Недостатнє осадження аніонів кислот дифузійного соку вапном на переддефе-

## ТЕХНОЛОГІЇ

кації призведе до збільшення вмісту розчинних солей кальцію в очищених соках, що в свою чергу внесе ускладнення в подальші технологічні процеси, а недостатнє видалення білків та пектинів зумовлює зниження не лише ефективності очищення соку, але й утруднює процес фільтрування. Тому недостатня повнота видалення нецукрів в процесі попередньої дефекації впливає на ефективність наступних технологічних процесів виробництва цукру, знижуючи якість продукції та її вихід.

Деякі слова про історію розвитку попередньої дефекації дифузійного соку. В тридцятих роках ХХ століття О. Шпенглером, на основі накопиченого до цього досвіду та додаткових досліджень, була запропонована одноразова попередня дефекація з постійною лужністю соку, яка передбачала обробку дифузійного соку вапняним молоком до величини  $pH_{20} \approx 11,0$  та витримання соку з цією лужністю протягом всього часу переддефекації. Цей варіант обробки дифузійного соку відносно невеликою кількістю вапна показав деяке підвищення ефективності очищення соку (у порівнянні з однією дефекацією), але при цьому утворювався досить об'ємний осад нецукрів. Подальшим розвитком процесу попередньої дефекації був спосіб прогресивної вапняної переддефекації Й. Дедека і Й. Вашатко, що полягав у поступовому додаванні вапна до дифузійного соку по довжині апарату протягом необхідної тривалості процесу з підвищенням  $pH$  та лужності до оптимальних значень. Але у місцях введення порцій вапняного молока з концентраціями  $\sim 20\%$  CaO можуть мати місце суттєві локальні перелуження соку, з відповідним зниженням технологічної ефективності процесу, тому що утворенні частинки переддефекаційного

осаду будуть при цьому частково розчинятись. Для усунення цього недоліку А. Брігель-Мюллер запропонував удосконалений варіант переддефекації Дедека-Вашатко з протитечійним рухом, до основного потоку дифузійного соку, оптимально підлуженого соку з останньої секції в передостанню і так далі до першої секції, щоб забезпечити прогресивне підвищення  $pH$  та лужності соку по довжині (висоті) переддефекатора без характеристик для прогресивної вапняної переддефекації негативних ефектів локальних перелужень соку.

Оскільки в цукровій промисловості можна зустріти використання в різних модифікаціях варіанти переддефекації дифузійного соку: 1) одноразової – за О.Шпенглером; 2) прогресивної вапняної – за Й. Дедеком і Й. Вашатко і 3) найбільш широко реалізованої прогресивної протитечійної – за А. Брігель-Мюллером, тому в даній роботі і було поставлено завдання експериментально порівняти за різними критеріями вище названі способи попереднього оброблення дифузійного соку невеликою кількістю вапна в сучасній технологічній схемі очищення.

Експериментальні дослідження ефективності прогресивної протитечійної попередньої дефекації за принципом Брігель-Мюллера проводились на лабораторній фізичній моделі вертикального прогресивного протитечійного переддефекатора [1], що представляє собою циліндричну ємність, поділену конічними перегородками із сегментними каналами на шість секцій і розміщеним в центрі вертикальним валом на якому змонтовані в кожній секції закриті турбінні мішалки (турбінки), що щільно прилягають до нижніх кромek всмоктувальних патрубків – рециркуляційних каналів і виконують роль,

як насосів для рециркуляції більш лужного соку із вищої секції в нижчу, так і ефективних перемішуючих пристроїв. При цьому дифузійний сік переходить від нижньої першої до верхньої шостої секції через сегментні канали, а рециркуляційний потік підлуженого соку (вапняний реагент додається лише в верхню секцію для досягнення оптимальних величин  $pH$  та лужності) за допомогою турбінок перекачується із секції в секцію у протилежному напрямку. Фізична модель переддефекатора налаштовувалась за допомогою зміни величин перетину рециркуляційних каналів рухомими заслінками для одержання раціональної кривої підвищення  $pH$  та лужності по секціям апарату: повільне зростання  $pH$  у перших секціях до метастабільної зони (8-9) та стрімке підвищення  $pH$  у наступних секціях до кінцевого оптимального (за рекомендаціями А. Брігель-Мюллера [2]). Для реалізації прогресивної вапняної переддефекації Дедека-Вашатко у вище згаданій фізичній моделі повністю виключався протитечійний потік підлуженого соку (закриттям рухомими заслінками рециркуляційних каналів) і відповідна кількість вапняного реагенту вводилась в кожен секцію у основний потік – дифузійний сік, а турбінки швидко перемішували із соком введене вапно для забезпечення поступового підвищення  $pH$  та лужності по довжині переддефекатора. Дослідження ефективності одноразової переддефекації (з постійною лужністю соку під час процесу) проводились в несекціонованій циліндричній установці такого ж об'єму, що і в фізичній моделі, але з встановленою мішалкою для перемішування дифузійного соку із введеним вапном. Одержані за такими трьома способами переддефекованні соки про-

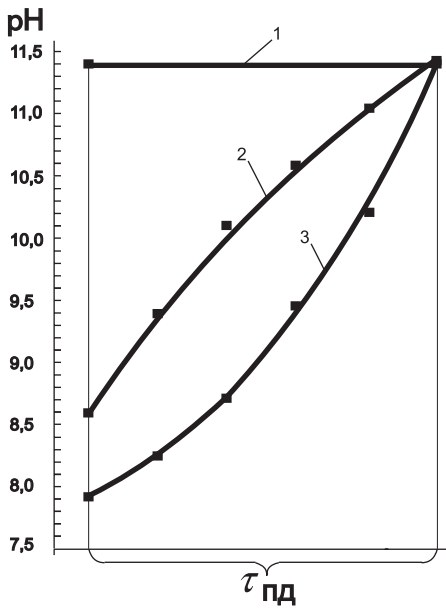


Рис. 1. Зміна рН соку в процесі проведення попередньої дефекації за різними її варіантами: 1 – одноразової; 2 – прогресивної вапняної; 3 – прогресивної протитечійної

довжували очищати в типовій схемі до соку II сатурації.

Першим етапом дослідження була виконана технологічна оптимізація теплої попередньої дефекації ( $t=60^{\circ}\text{C}$  і  $\tau=15$  хв.) проби дифузійного соку з чистотою 87,5 % по визначенню оптимальних величин рН та лужності (Л) за мінімальним залишковим вмістом у переддефекованому соку білків (як моделі ВМС дифузійного соку), аніонів кислот та забарвленості [3], які склали  $pH_{opt} = 11,4$  і  $L_{opt} = 0,12\%$  CaO. Усі наступні експериментальні дослідження ефективності різних варіантів попередньої дефекації проводилися із одним і тим же дифузійним соком, для якого була проведена технологічна оптимізація.

Не менш важливим є сам варіант зміни рН соку під час проведення переддефекації, оскільки це впливає на ефективність процесу та структуру утвореного осаду.

Практично однаковою залишається величина рН соку в процесі одноразової попередньої дефекації – пряма лінія 1 (рис. 1.), оскільки при одно-

разовому введенні оптимальної кількості вапняного молока до дифузійного соку відразу вирівнюється концентрація CaO і рН у об'ємі соку (за допомогою перемішуючого пристрою). Підвищення рН соку за способом прогресивної вапняної переддефекації Дедека-Вашатко (крива 2), має поступове підвищення рН, але вже з першої секції спостерігається досить значне зростання величини рН соку з відповідним його перелуженням. Найбільш наближеною формою до раціональної кривої Брігель-Мюллера має підвищення рН соку в процесі прогресивної протитечійної попередньої дефекації (крива 3).

Враховуючи те, що в сучасній технологічній схемі очищення з безперервнодіючими установками для процесів осадження і фільтрування соків мають важливе значення для забезпечення нормальної роботи заводу і високих технологічних показників, порівняння ефективності очищення дифузійного соку в типовій схемі після проведення трьох варіантів переддефекації починаємо з аналізу швидкості осадження та фільтрування соків переддефекації та I сатурації.

У наведених на рис. 2. результатах швидкість фільтрування соків визначали за спрощеною методикою:  $100\text{ см}^3$  проби нефільтрованого соку відфільтровували через складчастий паперовий фільтр та засікали час в хвилинах, за який отримували  $50\text{ см}^3$  фільтрату і розраховували таким чином швидкість фільтрування, для порівняльної оцінки фільтрувальних властивостей відповідних соків.

Показники швидкостей осадження та фільтрування при очищенні дифузійного соку у типовій схемі з одноразовою попередньою дефекацією виявились найнижчими:  $S_{пд} = 1,0\text{ см/хв.}$  та  $W_{пд} = 21,3\text{ см}^3/\text{хв.}$  – для переддефекованого соку і  $S_{Ic} = 1,9\text{ см/хв.}$  та  $W_{Ic} = 37,6\text{ см}^3/\text{хв.}$  – для соку I сатурації. Це можна пояснити тим, що в умовах одноразової попередньої дефекації дифузійного соку відбувається швидка коагуляція ВМС і при цьому утворюється осад великого об'єму без впорядкованої орієнтації частинок, що очевидно утруднює як процес осадження, так і фільтрування [4]. Дещо зростають ці величини для прогресивної вапняної переддефекації Дедека-Вашатко:  $S_{пд} = 1,6\text{ см/хв.}$ ,  $W_{пд} = 29\text{ см}^3/\text{хв.}$  та

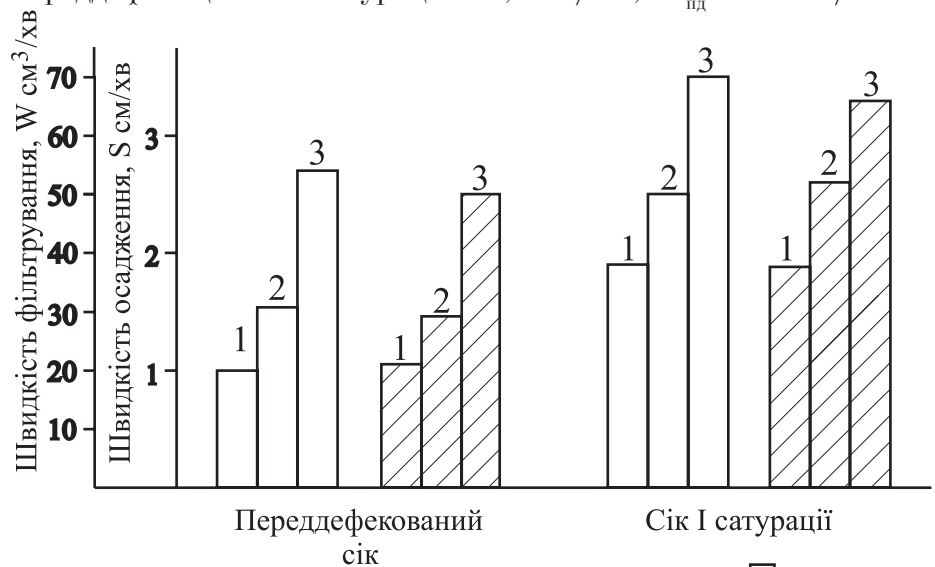


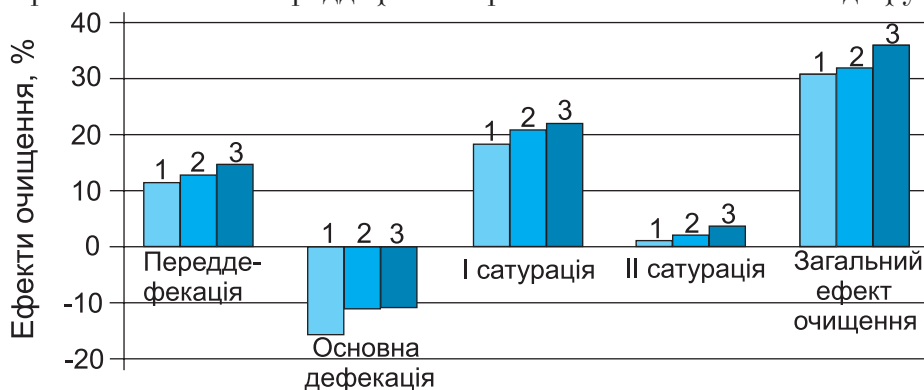
Рис. 2. Порівняльний аналіз швидкостей осадження (□) та фільтрування (▨) соків переддефекації та I сатурації у типовій схемі очищення з різними варіантами попередньої дефекації: 1 – одноразовою; 2 – прогресивною вапняною; 3 – прогресивною протитечійною

## ТЕХНОЛОГІЇ

$S_{lc} = 2,6$  см/хв.,  $W_{lc} = 52$  см<sup>3</sup>/хв., оскільки за такого способу попередньої дефекації коагуляція ВМС дифузійного соку відбувається поступово у порівнянні із одноразовим і утворені перші частинки коагуляту виступають ніби за травкою для подальшої коагуляції, що сприяє укрупненню частинок осаду і зменшенню його об'єму. Поряд з цим у типовій схемі очищення дифузійного соку із прогресивною протитечійною переддефека-

частково розчиняються і в той же час ущільнюються (з відомим ефектом пересатурування) при відсутності можливості локальних перелужень, характерних для прогресивної вапняної переддефекації.

На **рис. 3.** представлені локальні ступені видалення нецукрів на попередній дефекації, I і II сатураціях та прирісту вмісту нецукрів на основній дефекації, а також загальний ефект очищення, розрахований за чистотою дифу-



**Рис. 3.** Зміна локальних ефектів очищення дифузійного соку в окремих процесах та загального ефекту у типовій схемі в залежності від варіантів проведення переддефекації: 1 – одноразової; 2 – прогресивної вапняної; 3 – прогресивної протитечійної

цією, у порівнянні із одноразовою  $S_{нд}$  підвищилась у 2,7 рази і  $W_{нд}$  – у 2,4 рази та відповідно у 1,6 рази і 1,7 рази – із прогресивною вапняною переддефекацією. Для соку I сатурації швидкості осадження і фільтрування виявились такими: з прогресивною протитечійною переддефекацією  $S_{lc} = 3,5$  см/хв. і  $W_{lc} = 66,1$  см<sup>3</sup>/хв.; з прогресивною вапняною –  $S_{lc} = 2,6$  см/хв. і  $W_{lc} = 52$  см<sup>3</sup>/хв. та з одноразовою  $S_{lc} = 1,9$  см/хв. і  $W_{lc} = 37,6$  см<sup>3</sup>/хв. Таке підвищення седиментаційно-фільтрувальних показників соків попередньої дефекації та I сатурації у типовій схемі очищення дифузійного соку із прогресивною протитечійною переддефекацією можливо пояснити тим, що за протитечійного руху підлученого соку з секції із вищою лужністю у секцію з нижчою вже утворенні адсорбційні комплекси осаду нецукрів будуть

зійного та очищеного соків згідно формули:

$$E_z = \frac{100 \cdot 100 \cdot (C_{оч.с.} - C_{диф.с.})}{C_{оч.с.} \cdot (100 - C_{диф.с.})}, \%$$

Локальні ефекти очищення соку на переддефекації, I та II сатураціях також розраховувались за цією формулою з використанням чистоти попереднього соку і соку отриманого в даному процесі очищення.

Із **рис. 3.** видно, що локальний ефект видалення нецукрів на попередній дефекації склав: 14,8 % для варіанту прогресивної протитечійної у порівнянні із 13,1 % прогресивною вапняною та 11,8 % для одноразової. При цьому на основній дефекації додатковий приріст вмісту за рахунок реакцій розкладання нецукрів становив: 13,3 % при застосуванні в схемі прогресивної протитечійної переддефекації; 15,1 % прогресивної вапняної та 16 % одноразової.

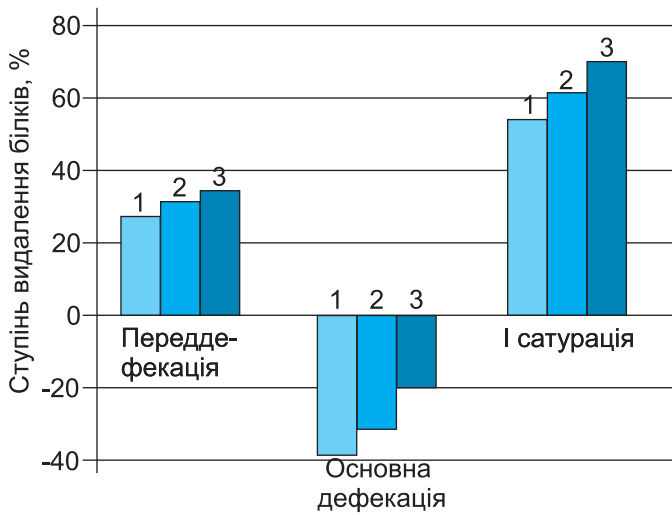
Локальні ефекти видалення розчинних нецукрів адсорбцією їх на осаді  $CaCO_3$ , в умовах I сатурації були такими: 22,5 % прогресивною протитечійною переддефекацією, 20,8 % – прогресивною вапняною та 18,5 % одноразовою. Незначними виявились ефекти видалення нецукрів на II сатурації, оскільки перед II сатурацією була відсутня додаткова дефекація і приведенні ефекти мали місце лише за рахунок зменшення вмісту солей кальцію в очищеному соку.

Зміну вмісту ВМС в процесі очищення дифузійного соку визначали за динамікою залишкового вмісту білків у соках: попередньої дефекації, основної дефекації та I сатурації і ступеню їх видалення (**рис. 4.**).

Величини локальних ефектів видалення білків на стадіях очищення переддефекації і I сатурації в залежності від способу проведення попередньої дефекації свідчать, що у порівнянні з іншими варіантами прогресивна протитечійна переддефекація за принципом Брігель-Мюллера сприяє дещо більшому ступеню видалення білків на переддефекації – стовпчик 3 (**рис. 4.**) із меншим розчиненням коагуляту білків на основній дефекації в результаті більшої стійкості крупніших частинок утворених адсорбційних комплексів і відповідно підвищує ступінь адсорбційного видалення білків із соку на I сатурації.

За отриманими експериментальними даними: седиментаційно-фільтрувальними показниками для соків переддефекації та I сатурації, локальними та загальними ефектами очищення дифузійного соку і локальними ступенями видалення білків на переддефекації та I сатурації в типовій схемі найбільш результативним виявився спосіб прогресивної протитечійної переддефекації у порівнянні із способами одноразової та прогресивної вапняної переддефекації.





**Рис. 4.** Степінь видалення білків на основних стадіях очищення дифузійного соку в типовій схемі з переддефекаціями: 1 – одноразовою; 2 – прогресивною вапняною; 3 – прогресивною протитечійною

На практиці прогресивна протитечійна переддефекація дифузійного соку апаратурно оформляється у горизонтальних та вертикальних апаратах. Найпоширенішим на цукрових заводах є горизонтальний коритний переддефекатор Брігель-Мюллера, однак кращим можна вважати вертикальний прогресивний протитечійний переддефекатор РЗ-ППА [5] впроваджений в технологічні схеми на ряді заводів, який має такі переваги перед горизонтальним апаратом (з однією і тією ж продуктивністю): значно меншу поверхню контакту соку з повітрям (лише в останній секції), конструкції перегородок, рухомих заслінок та насосних турбінок надають можливість організації більш упорядкованого протитечійного руху потоків і оперативного регулювання зміни рН та лужності по секціям апарата практично без байпаса частково обробленого дифузійного соку, що має місце в самій нижній частині горизонтального переддефекатора.

Окрім переваг (у порівнянні із горизонтальним переддефекатором), вертикальний апарат все ж має деякі конструктивні недоліки: дещо невдале конструктивне рішен-

ня рухомих заслінок на верхніх кромках всмоктувальних патрубків, в результаті чого, в кожній секції апарата між верхньою частиною всмоктувального патрубка та поверхнею конусної перегородки можуть мати місце застійні зони, що будуть сприяти неконтрольованому перебуванню деякої частини підлуженого соку з уже сформованим переддефекаційним осадом. Дещо невдалим є і сам варіант рухомої заслінки, яка складається із двох напівдисків, що ускладнює промислову експлуатацію та проведення ремонтних робіт.

Тому в удосконаленому прогресивному протитечійному переддефекаторі [6] було змінено форму заслінок на п-подібну форму, що здійснюють зворотно-поступальний рух для регулювання площі перетину вхідних отворів всмоктувальних патрубків, до того ж в кожній секції верхній перетин патрубка закріплюється на нижній кромці конусної перегородки, що практично усуває можливість наявності застійних зон. Такі конструктивні зміни сприяють більш контрольованому руху потоків в апараті та забезпеченню раціонального наростання рН та лужності соку по секціям для досягнення високих седиментаційно-фільтрувальних та якісних показників соків.

Фізична пілотна модель вертикального прогресивного протитечійного переддефекатора [6] була розрахована за рядом критеріїв подібності (Рейнольдса, Пекле та інших) і використовувалася для про-

ведення експериментальних досліджень ефективності різних варіантів переддефекації дифузійного соку.

## ВИСНОВКИ

Результати проведених експериментальних досліджень показали, що в сучасній технологічній схемі очищення дифузійного соку прогресивна протитечійна переддефекація виявилася найбільш ефективною для підвищення седиментаційно-фільтрувальних показників та якості соків у вертикальному апаратурному оформленні процесу.

## Список використаної літератури:

1. Рева Л.П., Петруша О.О., Мірошник В.О. Створення фізичної моделі вертикального прогресивного протитечійного переддефекатора для підвищення ефективності процесу переддефекації // Наукові праці НУХТ, – 2011. – № 35.
2. McGinnis K.A. Beet-Sugar Technology – Third ed. – New York, 1982. – 487 p.
3. Рева Л.П., Сімахіна Г.О., Пушанко Н.М., Яковенко В.Ю. Дослідження методів визначення оптимальних величини рН (лужності) соку переддефекації // Цукор України, – 1996. – № 4. – с. 20-22.
4. Бугаенко І.Ф. Повышение эффективности очистки диффузионного сока // Сб. Пищ. Пром-сть. Сер.23 Сах. Пр-сть. М. : Агро НИИТЭИПП, 1993. – № 5-6. – 47 с.
5. Рева Л.П., Пышняк В.В., Малюк В.Ф. Устройство для предварительной прогрессивной дефекации диффузионного сока. А.с. № 536229. – 1976. – БИ № 43.
6. Рева Л.П., Мірошник В.О., Петруша О.О., Апарат для попередньої прогресивної протитечійної обробки дифузійного соку вапняним реагентом, ПУ №50226. – 2010. – Бюл. № 10.