

Рева Л.П., доктор технічних наук, професор
кафедри технології цукру та підготовки води
Петруша О.О., аспірант кафедри технології цукру та підготовки води
Національний університет харчових технологій
petrushaoo@ukr.net

ЕФЕКТИВНІСТЬ РІЗНИХ ВАРІАНТІВ ПРОВЕДЕННЯ ПЕРЕДДЕФЕКАЦІЇ ДИФУЗІЙНОГО СОКУ

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 із розробленим варіантом апаратурного оформлення – вертикальним прогресивним протитечійним переддефекатором.

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

Рева Л.П., Петруша О.А.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ ПРОВЕДЕНИЯ ПРЕДДЕ- ФЕКАЦИИ ДИФУЗИОННОГО СОКА

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-фильтрационными 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 с разработанным вариантом апаратурного оформления – вертикальным прогрессивным противоточным переддефекатором.

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

Рева Л.П., Петруша О.А.

EFFECTIVENESS OF DIVERSE METHODS OF DIFFUSION JUICE PRE-LIMING

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 counterflowr preliming with developed implementation of vertical progressive counterflow prelimer.

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

Reva L., Petrusha O.

Вихід та якість готової конкурентноспроможної 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 % СаО 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_3 у формі нефільтрованого соку І сатурації та згущеної суспензії осаду соку ІІ 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 І сатурації. Від ефективності видалення нецукрів дифузійного соку під час попередньої дефекації буде залежити в певній мірі чистота очищеного соку (за оптимальних умов проведення наступних технологічних процесів очищення). Недостатнє осадження аніонів кислот дифузійного соку вапном на переддефекації призведе до збільшення вмісту розчинних солей кальцію в очищених соках, що в свою чергу внесе ускладнення в наступні 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 поперед-

ньої дефекації впливає на ефективність наступних технологічних процесів виробництва цукру, знижуючи якість продукції та її вихід.

Декілька слів про історію розвитку попередньої дефекації дифузійного соку. В тридцятих роках XX 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 витримування 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 Дедека-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, які будуть знижувати технологічну ефективність процесу, тому що утворенні частинки переддефекаційного осаду будуть частково розчинятись. Для усунення цього недоліку А. Брігель-Мюллер запропонував удосконалений варіант переддефекації Дедека-Вашатко з протитечієм 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 характерних 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 протитечієвої – 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 очищенні.

Експериментальні дослідження ефективності прогресивної протитечієвої попередньої дефекації за принципом Брігель-Мюллера проводились на лабораторній фізичній моделі вертикального прогресивного протитечієвого переддефекатора [1], що представ-

ляє 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 ефективного перемішуючого пристрою. При цьому дифузійний сік переходить від першої до шостої секції через сегментні канали, а рециркуляційний потік підлуженого соку (вапняний реагент додається лише в останню 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 згаданий фізичній моделі повністю виключався протитечієвий потік (закриттям рухомими заслінками рециркуляційних каналів) і відповідна кількість вапняного реагента вводилась в кожну секцію у основний потік – дифузійний сік, а турбінки швидко перемішували із соком введене вапно для забезпечення поступового підвищення pH та лужності по довжині переддефекатора. Щодо одноразової переддефекації (з постійною лужністю під час процесу) дослідження проводились в несекціонованій циліндричній установці такого ж об'єму, що і фізична модель вертикального прогресивного протитечієвого переддефекатора, але з встановленою мішалкою для перемішування дифузійного соку із вапном. Одержані за такими трьома способами переддефекації соки продовжували 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) проб дифузійного соку з чистотою 87,5 % по визначенню оптимальних величин pH та лужності (Л) за мінімальним залишковим вмістом у переддефекованому соку білків (як моделі ВМС дифузійного соку), аніонів кислот та забарвленості, які склали $pH_{\text{опт}} = 11,4$ і $L_{\text{опт}} = 0,12\% \text{ CaO}$ [3].

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

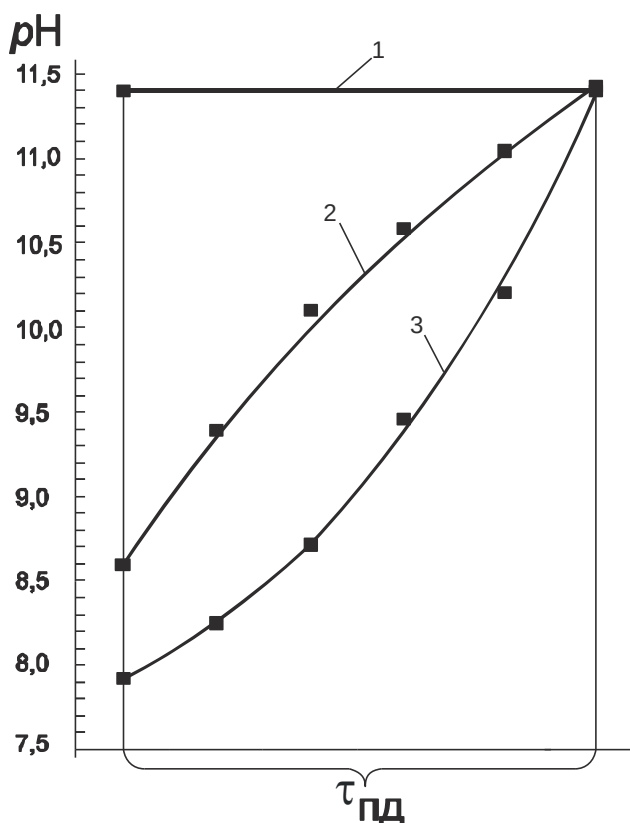


Рис. 1. Зміна рН соку в процесі проведення попередньої дефекації за різними її варіантами: 1 – одноразової; 2 – прогресивної вапняної; 3 – прогресивної протитечійної

Практично однаковою залишається величина рН соку в процесі одноразової попередньої дефекації – пряма лінія 1 (рис. 1.), оскільки при введенні оптимальної кількості вапняного молока до дифузійного соку відразу (за допомогою перемішуючого пристрою) вирівнюється концентрація СаО і рН у об'ємі соку. 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 А. Брігель-Мюллера має зростання рН соку в процесі прогресивної протитечійної попередньої дефекації (крива 3).

Враховуючи те, що в сучасній технологічній схемі очищення соку критерії швидкості осадження осадів та фільтрування соків мають важливе значення для забезпечення високих технологічних показників, порівняння ефективності очищення дифузійного соку після проведення трьох варіантів переддефекації починаємо з аналізу швидкості осадження та фільтрування соків переддефекації та І сатурації. У наведених на рис. 2. результатах швидкість фільтрування соків визначали за спрощеною методикою: 100 см^3

проби нефільтрованого соку відфільтровували через складчастий паперовий фільтр, засікали час в хвилинали, за який отримували 50 см^3 фільтрованого соку і розраховували таким чином швидкість фільтрування.

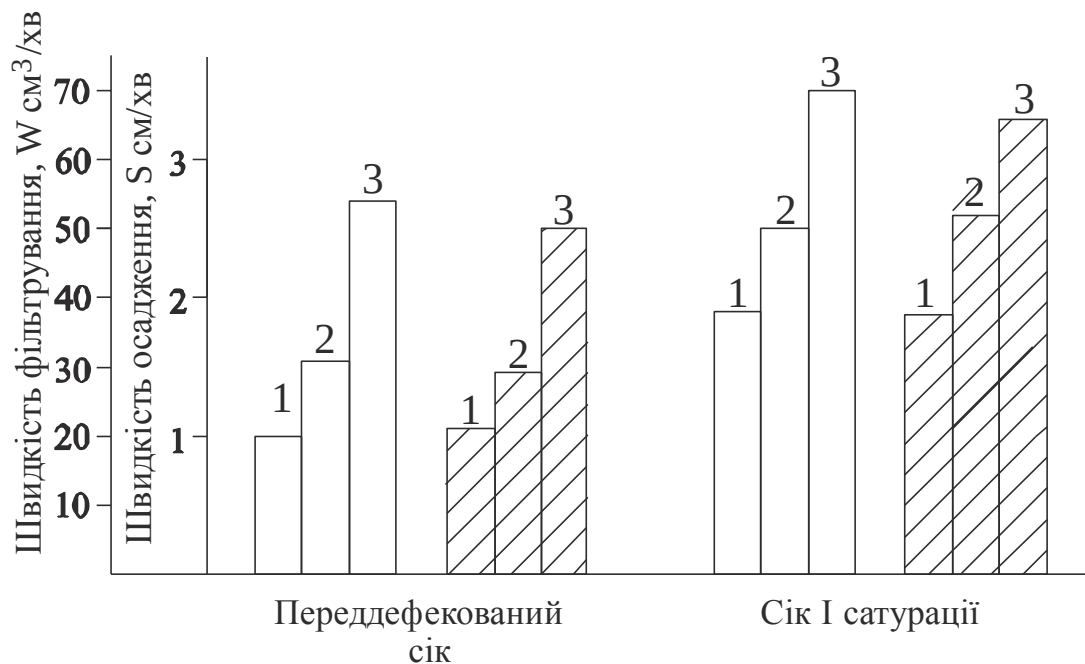


Рис. 2. Порівняльний аналіз швидкостей осадження ($\square$) та фільтрування (▨) соків переддефекації та I сатурації у типовій схемі очищення з різними варіантами попередньої дефекації: 1 – одноразовою; 2 – прогресивною вапняною; 3 – прогресивною протитечійною

Показники швидкостей осадження та фільтрування при очищенні дифузійного соку у типовій схемі з одноразовою попередньою дефекацією виявились найнижчими: $S_{\text{пд}} = 1,0 \text{ см/хв}$ та $W_{\text{пд}} = 21,3 \text{ см}^3/\text{хв}$ – для переддефекованого соку і $S_{\text{Іс}} = 1,9 \text{ см/хв}$ та $W_{\text{Іс}} = 37,6 \text{ см}^3/\text{хв}$ – для соку I сатурації. Це можна пояснити тим, що в умовах одноразової попередньої дефекації відбувається швидка коагуляція ВМС і при цьому утворюється осад великого об'єму без впорядкованої орієнтації частинок, що може утруднювати, як процес осадження, так і фільтрування [4]. Дещо зростають ці величини для прогресивної вапняної переддефекації Дедека-Вашатко: $S_{\text{пд}} = 1,6 \text{ см/хв}$ і $W_{\text{пд}} = 29 \text{ см}^3/\text{хв}$ та $S_{\text{Іс}} = 2,5 \text{ см/хв}$ та $W_{\text{Іс}} = 52 \text{ см}^3/\text{хв}$, оскільки за такого способу попередньої дефекації коагуляція ВМС дифузійного соку відбувається поступово у порівнянні із одноразовим і утворені перші частинки коагуляту виступають ніби затравкою 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 переддефекацією, у

порівнянні із одноразовою $S_{\text{пд}}$ підвищилась у 2,7 раза і $W_{\text{пд}}$ – у 2,4 раза та відповідно у 1,6 і 1,7 разів у варіанті із прогресивною вапняною переддефекацією. Для соку І сатурації швидкість осадження і фільтрування у типовій схемі виявились такими: з прогресивною протитечійною переддефекацією $S_{\text{Іс}} = 3,5$ см/хв і $W_{\text{Іс}} = 66,1$ см³/хв; з прогресивною вапняною $S_{\text{Іс}} = 2,5$ см/хв і $W_{\text{Іс}} = 52$ см³/хв та з одноразовою $S_{\text{Іс}} = 1,9$ см/хв і $W_{\text{Іс}} = 37,6$ см³/хв. Таке підвищення седиментаційно-фільтрувальних показників соків переддефекації та І сатурації у типовій схемі очищення дифузійного соку із прогресивною протитечійною переддефекацією можна пояснити тим, що за протитечійного руху підлуженого соку з секції із вищою лужністю у секцію з нижчою лужністю вже утворенні частинки осаду нецукрів частково розчиняються та ущільнюються (має місце ефект пересатування) з виключенням можливості локальних перелужень.

У роботі [5] показано, що дійсна ступінь видалення нецукрів в технологічній схемі очищення дифузійного соку відповідає загальному ефекту очищення дифузійного соку (розрахованому за $\text{Ч}_{\text{диф.с.}}$ і $\text{Ч}_{\text{оч.с.}}$) лише в технологічній схемі без основної дефекації, де відсутній додатковий приріст вмісту розчинних нецукрів в результаті реакцій лужного розкладання інвертного цукру, амідів та солей амонію на основній дефекації. При наявності основної дефекації в сучасній типовій схемі загальний ступінь видалення нецукрів дифузійного соку треба визначати за сумою локальних ефектів видалення нецукрів на попередній дефекації, І та ІІ сатураціях. На рис. 3. представленні локальні ступені видалення нецукрів на попередній дефекації, І і ІІ сатураціях та прирісту вмісту нецукрів на основній дефекації, а також загальний ефект очищення, розрахований за чистотою дифузійного та очищеного соків.

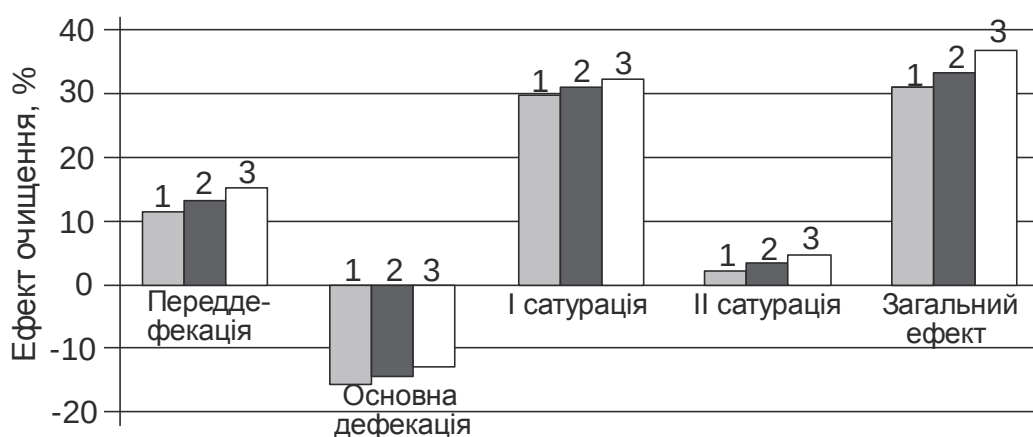


Рис. 3. Зміна локальних ефектів очищення дифузійного соку в окремих процесах та загального ефекту у типовій схемі в залежності від варіантів проведення переддефекації: 1 – одноразової; 2 – прогресивної вапняної; 3 – прогресивної протитечійної

Із *рис. 3.* видно, що локальний ефект видалення нецукрів на попередній дефекації для прогресивного протитечійного способу склав 14,8 % у порівнянні із 13,1 % для прогресивного вапняного та 11,8 % для одноразового. При цьому на основній дефекації додатковий приріст вмісту нецукрів становив для прогресивної протитечійної переддефекації – 13,3 %; для прогресивної вапняної – 15,1 % та після одноразової попередньої дефекації – 16 %. Найбільші ефекти видалення розчинних нецукрів виявились за рахунок адсорбції на осаді CaCO_3 , в умовах I сатурації: 32,5 % за прогресивної протитечійної переддефекації, 31,2 % – прогресивної вапняної та 29,4 % за способу одноразової переддефекації. Незначними виявились ефекти видалення нецукрів на II сатурації, оскільки не додавалось вапно перед II сатурацією 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 зміни залишкового вмісту білків у соках на технологічних етапах схеми очищення: попередній дефекації та основній дефекації і I сатурації. Так ступінь видалення білків коагуляцією на переддефекації, часткове розчинення коагуляту на основній дефекації та адсорбція білків на утвореному осаді карбонату кальцію в процесі I сатурації дефекованого соку представлено на *рис. 4.*

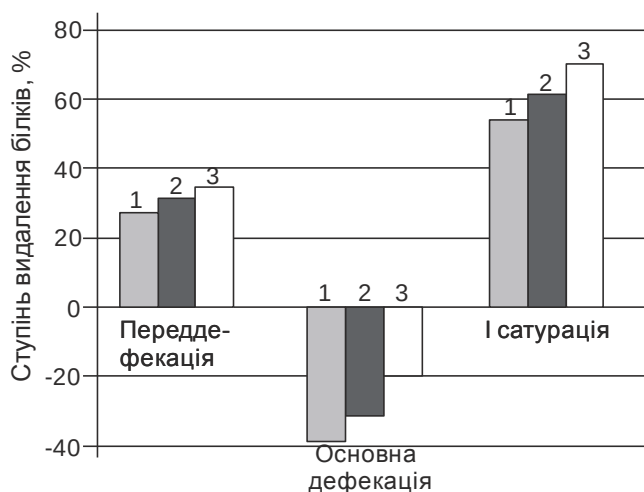


Рис. 4. Ступінь видалення білків на основних стадіях очищення дифузійного соку в типовій схемі з переддефекаціями: 1 – одноразовою; 2 – прогресивною вапняною; 3 – прогресивною протитечійною

Зміна локальних ефектів видалення білків на стадіях очищення в залежності від способу проведення попередньої дефекації вказує, що у порівнянні з іншими варіан-

тами прогресивна протитечійна переддефекція 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, що відповідно підвищує ступінь видалення білків із соку на I сатурації.

За отриманими експериментальними даними: седиментаційно-фільтрувальними показниками для соків переддефекації та I сатурації, локальними та загальним ефектами очищення дифузійного соку і локальними ступенями видалення білків на переддефекації та I сатурації ефективнішою виявилась типова схема очищення дифузійного соку із способом прогресивної протитечійної переддефекації у порівнянні із способами одноразової та прогресивної вапняної переддефекацій. В процесі прогресивної протитечійної попередньої дефекації рециркуляційний рух підлуженого соку із останньої секції в першу супротив основному потоку дифузійного соку створює умови поступового підвищення pH та лужності сприяючи при цьому підвищенню седиментаційно-фільтрувальних показників переддефекованого соку та I сатурації і ступеню видалення нецукрів.

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 [6] впроваджений в технологічні схеми на ряді заводів, який має такі переваги перед горизонтальним апаратом: 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 pH 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 рішення 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 сприя-

ти неконтрольованому перебуванню деякої частини підлуженого соку з уже утвореним переддефекаційним осадом. Дещо невдалим є сам варіант рухомої заслінки, яка складається із двох напівдисків, що ускладнює промислову експлуатацію та проведення ремонтних робіт.

Тому 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 патрубків закріплюється на нижній кромці конусних перегородок, що практично усуває можливість наявності застійних зон. Такі зміни сприяють більш контрольованому руху потоків в апараті та забезпеченню раціонального наростання pH та лужності соку по секціям для досягнення високих седиментаційно-фільтрувальних та якісних показників соків. Удосконалений вертикальний прогресивний протитечійний переддефекатор [7] був обраний для проведення подальших досліджень прогресивної протитечійної переддефекації за принципом Брігель-Мюллера, як кращий варіант апаратурного оформлення цього способу оброблення дифузійного соку невеликою кількістю вапна. Тому він став основою для створення фізичної моделі такого переддефекатора, і в якій проводились експериментальні дослідження ефективності різних варіантів переддефекації. Фізична модель такого апарату розраховувалась за критеріями подібності Рейнольдса та Пекле у відповідності із параметрами вертикального прогресивного протитечійного переддефекатора виробничою потужністю 3000 т буряків на добу.

Висновки

За результатами проведених експериментальних досліджень можна стверджувати, що в сучасній технологічній схемі очищення дифузійного соку прогресивна протитечійна переддефекація може вважатись найбільш ефективною для значного підвищення седиментаційно-фільтрувальних показників та ступенів видалення розчинних нецукрів у вертикальному прогресивному протитечійному переддефекаторі.

ЛІТЕРАТУРА:

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 И.Ф.* Повышение эффективности очистки диффузионного сока // Сб. Пищ. Порм-сть. Сер.23 Сах. Пр-сть. М.: Агро НИИТЭИПП, 1993. – № 5-6. – 47 с.
5. *Рева Л.П.* Про раціональні витрати вапна в технології бурякоцукрового виробництва // Цукор України. — 2005. — № 3. — С.16—21.
6. *Рева Л.П., Пышняк В.В., Малюк. В.Ф.* Устройство для предварительной прогрессивной дефекации диффузионного сока. А.с. № 536229. – 1976. – БИ № 43.
7. *Рева Л.П., Мірошник В.О., Петруша О.О.,* Апарат для попередньої прогресивної протитечійної обробки дифузійного соку вапняним реагентом, ПУ №50226. – 2010. – Бюл. № 10.