

Оптимизация прогрессивной противоточной преддефекации диффузионного сока

Л.П. РЕВА, д-р техн. наук, проф. (E-mail: LeonidReva@gmail.com), **О.О. ПЕТРУША**, аспирант (E-mail: petrushaoo@ukr.net), Национальный университет пищевых технологий, г. Киев

А.М. ЛИТВИН

Носовский сахарный завод, Украина

В современной технологии очистки диффузионного сока основное влияние на процессы удаления несахаров оказывают предварительная дефекация (за счет коагуляции ВМС диффузионного сока — белков, пектинов и осадения известью анионов кислот, дающих с кальцием мало-растворимые соли) и I сатурация (за счет адсорбции растворимых несахаров на поверхности образованного осадка карбоната кальция), на долю II сатурации приходится относительно незначительный локальный эффект очистки в варианте без второй дефекации. Главной же целью II сатурации является наиболее полное удаление катионов кальция из очищенного сока.

В настоящее время (как для повышения седиментационно-фильтрационных показателей, так и локального эффекта очистки сока) наиболее эффективной считается прогрессивная противоточная преддефекация диффузионного сока по принципу Бригель-Мюллера, в которой практически исключены местные перешелачивания жидкой фазы, характерные для прогрессивной известковой преддефекации Дедека-Вашатко, поскольку концентрированное известковое молоко ($C \approx 20\% \text{ CaO}$) добавляется в сок только в завершающую зону — последнюю секцию преддефекатора, из которой часть щелочного сока последовательно возвращается в секции с меньшей щелочностью и рН, обеспечивая таким образом рациональную кривую прогрессивного повышения рН и щелочности (Ш) сока.

Виклунд [20] предложил возвращать (перед прогрессивной известковой преддефекацией Дедека-Вашатко) к диффузионному соку до 100% пересатурированного сока I сатурации со щелочностью $\sim 0,02\% \text{ CaO}$, в результате чего резко улучшаются седиментационно-фильтровальные показатели сока I сатурации при незначительном снижении качества сока. Учитывая этот положительный эффект Виклунда, Бригель-Мюллер провел прогрессивную противоточную преддефекацию в секционированном корытном преддефекаторе постепенным и плавным подщелачиванием диффузионного сока последовательной рециркуляцией преддефекованного сока из последней секции в первую с соответствующим эффектом пересатурирования рециркулированного преддефекованного сока от рН 11,0–11,6 до рН 7,0–7,5 в первой секции [15].

Причиной улучшенного технологического эффекта прогрессивной противоточной преддефекации по принципу Бригель-Мюллера, пожалуй, является практическое отсутствие зон перешелачивания сока перед достижением $\text{pH}_{\text{опт}}$ и $\text{Ш}_{\text{опт}}$ преддефекованного сока (за исключением последней секции, куда и поступает известковое молоко), а также положительное явление гетерокоагуляции ВМС за счет образования адсорбционных комплексов осаждаемых несахаров с введенными частицами карбоната кальция. Для этого Бригель-Мюллер в отличие от прогрессивной известковой преддефекации Дедека-

Вашатко разделяет прогрессивную противоточную преддефекацию на две основные зоны:

- зону стабилизации ВМС диффузионного сока при постепенном подщелачивании его до рН $\approx 8-9$, в которой ВМС изменяют структуру и становятся способными к адсорбции на введенном осадке карбоната кальция;

- коагуляционную зону, в которой стабилизированные ВМС начинают выпадать в осадок в форме адсорбционных комплексов с введенным карбонатом кальция (в зону рН $\approx 8-9$) и наращиваются при дальнейшем повышении рН.

Лучшим вариантом аппаратного оформления предварительной прогрессивной противоточной преддефекации по принципу Бригель-Мюллера на сегодня можно считать вертикальный преддефекатор РЗ-ППА [5], который, по сравнению с горизонтальным аппаратом Бригель-Мюллера, имеет существенные преимущества: значительно меньшую поверхность контакта сока с воздухом (лишь в последней секции), конструкции перегородок, подвижных заслонок и насосных турбин, предоставляют возможность организации более упорядоченного противоточного движения потоков и оперативного регулирования изменения рН и щелочности сока по секциям аппарата практически без байпаса частично обработанного диффузионного сока, наблюдаемого в самой нижней части горизонтального преддефекатора.

Кроме преимуществ (по сравнению с горизонтальным преддефекатором), вертикальный аппарат

[5] все же имеет некоторые конструктивные недостатки: несколько неудачное конструктивное решение всасывающих рециркуляционных патрубков (верхняя часть которых приподнята над конусными перегородками), в результате чего в каждой секции аппарата между верхней частью всасывающего патрубка и поверхностью конусных перегородок могут быть застойные зоны, которые будут способствовать неконтролируемому присутствию некоторой части щелочного сока с уже сформировавшимся преддефекционным осадком. Несколько неудачным является и сам вариант подвижной заслонки, которая состоит из двух полуколец, что осложняет промышленную эксплуатацию и проведение ремонтных работ.

Поэтому была изменена форма заслонок на П-образную, причем они совершают возвратно-поступательное движение для регулирования площади сечения

входных отверстий всасывающих патрубков, которые, для ликвидации возможных застойных зон, закреплены на нижней кольцевой кромке конусных перегородок. Такие изменения способствуют более контролируемому движению потоков в аппарате и обеспечению рационального нарастания pH и щелочности сока по секциям для достижения высоких седиментационно-фильтрационных и качественных показателей сока.

Общий вид усовершенствованного вертикального прогрессивного противоточного преддефектора [6] представлен на рис. 1. Он состоит из вертикальной емкости 1 (с патрубками для подвода диффузионного сока 2, известкового реагента 3, осадка карбоната кальция 4 и отвода преддефектованного сока 5), которая разделена коническими перегородками 6 на шесть секций. В центре емкости смонтирован вал 7 ($n = 20-60$ об./

мин), на котором в каждой секции закреплены турбинки 8 (плотно прилегающие к нижним кромкам всасывающих рециркуляционных патрубков 9), которые выполняют одновременно функции как насоса для внутренней рециркуляции необходимого объема более щелочного сока из выше размещенной секции в низшую, так и мешалки для быстрого смешивания возвращаемого сока с соком основного потока, поступающего в каждую секцию через сегментные каналы 10. Диффузионный сок через патрубок 2 поступает в нижнюю часть аппарата, заполняя секцию I. Через сегментный канал 10 в конусной перегородке сок из секции I поступает в секцию II и т.д. до последней секции. Через патрубок 3 в последнюю секцию подается известковое молоко в необходимом количестве для обеспечения оптимальных величин pH и щелочности покидающего аппарат переддефектованного сока. При открытии подвижной заслонкой 11 (с помощью регулирующего механизма 12) сечения всасывающего рециркуляционного патрубка 9 из последней секции часть сока с помощью турбинки 8 возвращается в V секцию, где смешивается с менее щелочным соком, поступающим из IV секции, в результате чего pH и щелочность сока в V секции повышается по отношению к IV секции и т.д. Таким образом, за счет противоточного возвращения более щелочного сока из секции VI в секцию I обеспечивается прогрессивное повышение pH и щелочность сока в секциях аппарата снизу вверх, согласно заданным оптимальным кривым. Для контроля и своевременного регулирования конечной оптимальной величины pH преддефектованного сока, а также кривой изменения pH обрабатываемого сока по секциям преддефектора следует применять автоматизированный способ управления процессом прогрессивной противоточной преддефекции диффузионного

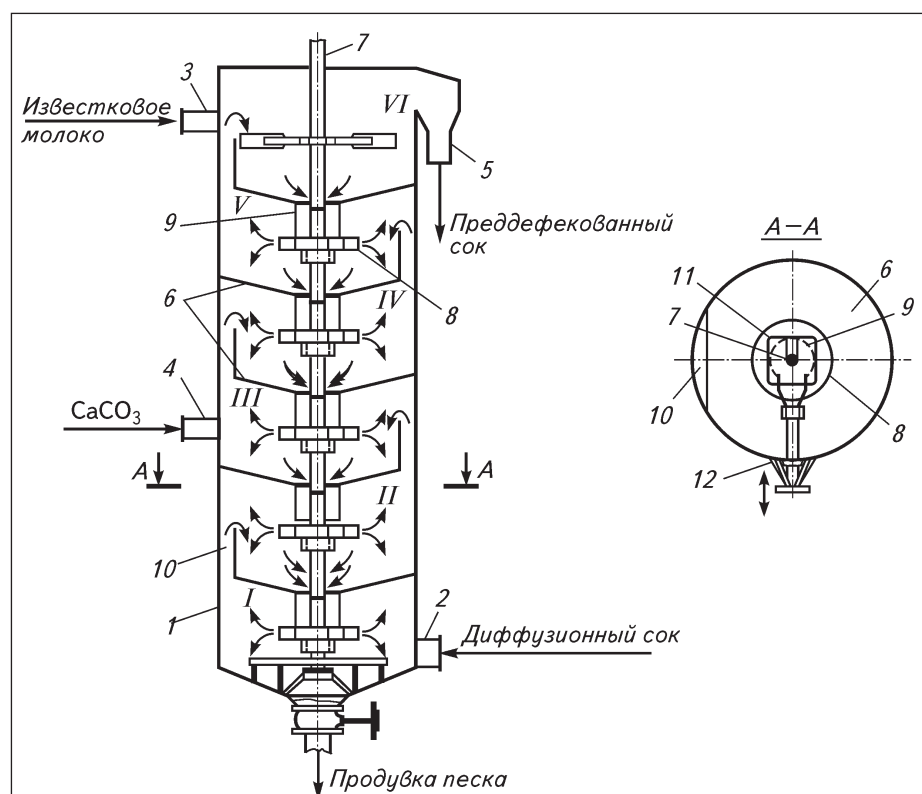


Рис. 1. Усовершенствованный вертикальный аппарат для предварительной прогрессивной противоточной преддефекции диффузионного сока [5]

сока [12], который обеспечивает заданные значения pH сока в секциях и преддефекованного сока на выходе из аппарата для соответствующей партии свеклы.

Согласно усовершенствованной конструкции вертикального прогрессивного противоточного преддефекатора [6], была создана на основе равенства критериев подобия (Рейнольдса, Пекле и др.) пилотная физическая модель преддефекатора [11], на которой проводились последующие исследования технологической оптимизации прогрессивной противоточной предварительной дефекации (рис. 2).

На первом этапе исследований



Рис. 2. Общий вид пилотной физической модели вертикального прогрессивного противоточного преддефекатора

технологической оптимизации преддефекации необходимо было установить оптимальные конечные величины pH и щелочности сока для эффективного проведения этого процесса.

Согласно действующей «Инструкции по химико-технологическому контролю и учету сахарного производства», критерием оптимальных значений щелочности и pH преддефекованного сока служит скорость его отстаивания [2]. Однако такой подход нельзя считать корректным, поскольку найденная скорость осаждения не соответствует степени удаления основных групп несахаров (ВМС, анионов кислот и красящих веществ) и приросту чистоты в условиях преддефекации диффузионного сока, и кроме того, в современной типовой схеме отсутствует процесс отстаивания преддефекованного сока. Более правильной методикой технологической оптимизации преддефекации диффузионного сока следует считать поиск оптимальных величин pH и щелочности преддефекованного сока, которые соответствуют максимальной степени удаления вышеуказанных групп несахаров диффузионного сока [7], исходя из цели процесса преддефекации. Однако, если определять оптимальные значения pH и щелочности преддефекованного сока (по минимальному остаточному содержанию белков, анионов кислот, величине цветности и максимальному приросту чистоты) лишь доведением проб диффузионного сока известью до различных величин pH и щелочности, то такую методику можно применять только для варианта прогрессивной известковой преддефекации по Дедеку-Вашатко. Способ прогрессивной противоточной преддефекации по Бригель-Мюллеру предусматривает, кроме прогрессивного нарастания по секциям pH и щелочности потока диффузионного сока путем последовательной рециркуляции оптимально пред-

дефекованного сока из последней секции к первой, также введение в обрабатываемый диффузионный сок осадка карбоната кальция для улучшения седиментационно-фильтрационных показателей. В работе [18] показано, что при возврате карбоната кальция на преддефекацию наблюдается некоторое смещение минимума остаточных содержаний ВМС и анионов кислот сока в зону меньших величин pH и щелочности, что также следует учитывать при определении конечных оптимальных величин pH и щелочности преддефекованного сока.

Для определения оптимальных величин pH и щелочности преддефекованного сока к пробам диффузионного сока ($t = 60^\circ\text{C}$) при перемешивании добавляли возрастающие дозы извести, достигая при этом pH от 10,8 до 11,8, а также карбонат кальция (1% CaO). Через 15 мин в этом температурном режиме преддефекации отделяли образовавшийся преддефекационный осадок, а в фильтрате определяли щелочность, pH, содержание белков [3], анионов кислот в форме растворимых солей кальция [4], цветность [2] и чистоту (с нейтрализацией щелочности проб соков разбавленной фосфорной кислотой перед определением содержания сахарозы и сухих веществ) [9]. Щелочность пробы фильтрованного сока и соответствующее ей pH с минимальным остаточным содержанием вышеуказанных несахаров и максимальным приростом чистоты и следует рассматривать как оптимальные.

Полученные экспериментальные результаты (рис. 3) показывают, что для диффузионного сока чистотой 88,7% оптимальными величинами теплой прогрессивной преддефекации, которые соответствуют минимуму остаточного содержания основных групп несахаров и максимуму прироста чистоты, оказались $\text{pH}_{\text{опт}} = 11,4$ и $\text{Ш}_{\text{опт}} = 0,13\% \text{CaO}$.

Бригель-Мюллер предложил

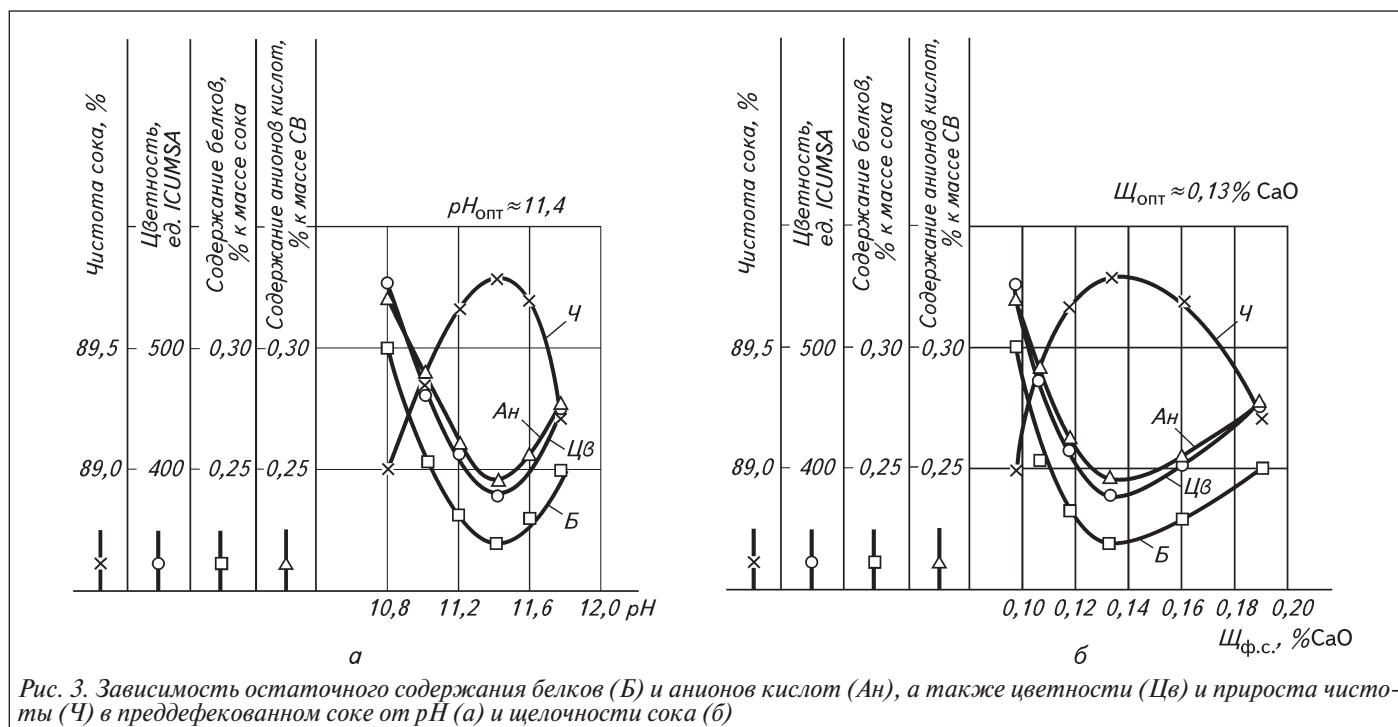


Рис. 3. Зависимость остаточного содержания белков (Б) и анионов кислот (Ан), а также цветности (Цв) и прироста чистоты (Ч) в преддефектованном соке от pH (а) и щелочности сока (б)

свой вариант реализации прогрессивной противоточной преддефектации, для которой необходима так называемая «стабилизация коллоидов» диффузионного сока в результате постепенного добавления к диффузионному соку подщелоченного (Щ_{диф.с.} ≤ 0,15% CaO) до щелочности 0,01–0,05% CaO (предпочтительно – 0,02% CaO), куда вводится карбонат кальция до начала явной коагуляции коллоидов, после чего и наступает осаждение коллоидов с участием осадка CaCO₃ и повышением pH и щелочности сока до конечных величин на уровне pH ≈ 11,0 [14].

Основываясь на схеме внутреннего противоточного движения потоков диффузионного и щелочного соков в преддефектаторе Бригель-Мюллера, Ж. Наво предложил формулу для расчета концентрации известкового реагента по секциям такого аппарата, зная величины конечной щелочности преддефектованного сока и количества рециркулируемого из секции в секцию [17]:

$$y_i = y_0 \left(\frac{m}{m+100} \right)^{i-1},$$

где y_i – концентрация известкового реагента в соке i -ой секции, % CaO;

y_0 – концентрация известкового реагента в 1 секции (в формуле – это конечная щелочность в преддефектованном соке), % CaO;

m – количество рециркулирующего щелочного сока в процентах к диффузионному.

В свою очередь, Бригель-Мюллер предложил использовать эту формулу Наво (правда, без соответствующих экспериментальных обоснований) для описания рациональных кривых изменения щелочности сока по секциям прогрессивного противоточного преддефектатора [16].

Нами были выполнены экспериментальные исследования на Носовском сахарном заводе по определению характера кривых изменения щелочности (и соответствующего ей pH) по секциям пилотного преддефектатора при различных величинах внутренней рециркуляции и рассчитанных по формуле Наво [17].

Имея величину оптимальной щелочности преддефектованного сока по вышеизложенной техно-

логической оптимизации: Щ_{опт} = 0,13% CaO и pH_{опт} = 11,4 (Ч_{диф.с.} = 88,7%), были получены кривые изменения щелочности сока по секциям преддефектатора с различными величинами внутренней рециркуляции (100, 200, 300, 400 и 500%) к потоку диффузионного сока путем изменения числа оборотов вала аппарата и рассчитаны по формуле Наво (рис. 4).

Сопоставляя экспериментальные кривые изменения щелочности сока по секциям преддефектатора и рассчитанные по формуле Наво (см. рис. 4), можно сделать вывод, что по этой формуле можно достаточно точно вычислять концентрацию известкового реагента в соответствующей секции (при известной оптимальной конечной щелочности преддефектации и заданной величине внутренней рециркуляции) и смоделировать рациональную кривую повышения щелочности сока по секциям.

Из представленных на рис. 4 кривых изменения щелочности сока по секциям прогрессивного преддефектатора при разных величинах внутренней рециркуляции (100–500%) видно, что предпочи-

тельная по Бригель-Мюллеру величина щелочности сока $\sim 0,02\%$ CaO, куда следует возвращать осадок карбоната кальция, имеется в 3 секции при рециркуляции 100% щелочного сока, во 2 — при 200%, а при 300% — щелочность в 1 секции уже составила $0,03\%$ CaO. Однако, рассматривая весь рациональный диапазон щелочности сока по Бригель-Мюллеру ($0,01\text{--}0,05\%$ CaO), для возврата карбоната кальция, при противотоке 500% щелочного сока осадок CaCO_3 необходимо вводить в диффузионный сок перед преддефекацией, поскольку щелочность в 1 секции при этом уже составила более $0,05\%$ CaO, при рециркуляции 400% сока — в 1 секцию со щелочностью сока $\sim 0,045\%$ CaO, при 300% — в 1 или 2 секции, при 200% — в одну из первых трех секций, а при 100% — в одну из первых четырех секций.

Увеличение объема внутренней рециркуляции, кроме влияния на изменение щелочности и pH сока по секциям прогрессивного противоточного преддефекатора, вносит также изменение в функции распределения времени пре-

бывания элементов обрабатываемого сока в аппарате. Ранее были проведены гидродинамические исследования характера движения основного и рециркуляционного потоков в пилотном прогрессивном противоточном преддефекаторе и получены функции распределения времени пребывания элементов потока в аппарате, а также рассчитаны плотности распределения безразмерного времени пребывания и основные статистические характеристики [8]. Полученные результаты свидетельствуют об уменьшении среднего времени пребывания и увеличении дисперсии распределения времени пребывания частиц потока сока в преддефекаторе при возрастании величины внутренней рециркуляции, что снижает эффективность процессов коагуляции ВМС и осаждения анионов кислот в форме кальциевых солей.

Авторы прогрессивной известковой (Дедек-Вашатко) и прогрессивной противоточной преддефекации (Бригель-Мюллер) подчеркивают, что позитивным фактором их способов является, прежде всего, улучшение седи-

ментационные показатели (скорость осаждения осадка и фильтрования), в последующих экспериментах было исследовано влияние величины внутренней рециркуляции щелочного сока в преддефекаторе на седиментационные и фильтрационные показатели преддефекованного сока. Скорость фильтрования сока определяли по упрощенной методике: 100 см^3 пробы нефильтрованного преддефекованного сока фильтровали через складчатый бумажный фильтр, засекали время в минутах, за которое получали 50 см^3 фильтрованного сока, и рассчитывали, таким образом, относительную скорость фильтрования W , $\text{см}^3/\text{мин}$.

Из рис. 5 следует, что увеличение внутренней рециркуляции щелочного сока в преддефекаторе улучшает седиментационные показатели полученного преддефекованного сока: $S_3 = 3,1\text{ см/мин}$ при 100% внутренней рециркуляции; $4,2\text{ см/мин}$ — при 200%; $5,2\text{ см/мин}$ — при 300%; $6,0\text{ см/мин}$ — при 400% и $6,6\text{ см/мин}$ — при 500%. Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что уже при 100% внутренней рециркуляции щелочного сока скорость осаждения осадка в преддефекованном соке $S_3 = 3,1\text{ см/мин}$, что соответствует даже отличным результатам для сока I сатурации ($2,0\text{--}2,5\text{ см/мин}$ [2]), а при повышении объема рециркуляции до 500% S_3 возросла до $6,6\text{ см/мин}$. При этом улучшаются и фильтровальные показатели преддефекованного сока: $W = 25\text{ см}^3/\text{мин}$ при величине внутренней рециркуляции 100%; $38,5\text{ см}^3/\text{мин}$ — при 200%; $46,5\text{ см}^3/\text{мин}$ — при 300%; $57,0\text{ см}^3/\text{мин}$ — при 400% и $68,0\text{ см}^3/\text{мин}$ — при 500%.

Однако все же остается нераскрытым главный вопрос: как же влияют изменения щелочности сока по секциям при соответствующих внутренних рециркуляциях на изменения качественных показателей очищаемого сока и конечные технологические показатели преддефекованного сока,

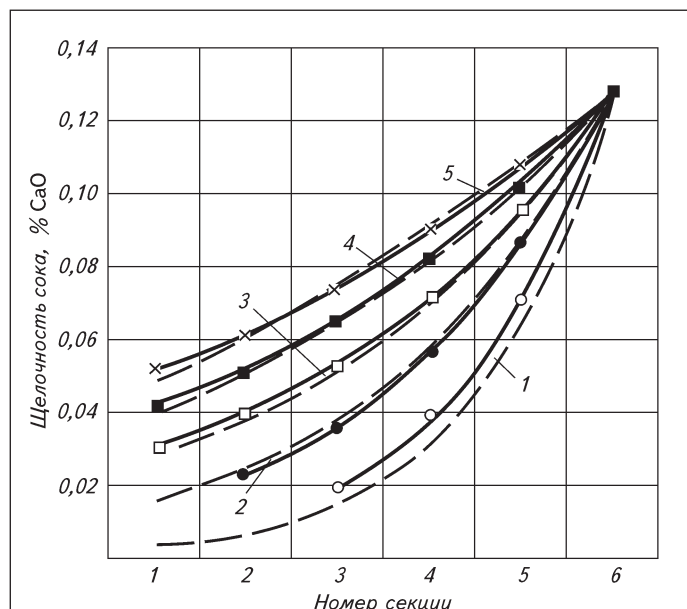


Рис. 4. Кривые изменения щелочности сока по секциям преддефекатора при различных величинах внутренней рециркуляции щелочного сока: — экспериментальные и — — — — — рассчитанные по формуле Наво ($Ш_{\text{ср}} = 0,13\%$ CaO): 1 — 100%; 2 — 200%; 3 — 300%; 4 — 400%; 5 — 500%

ментационно-фильтрационных показателей сока I сатурации. Учитывая то, что на повышение седиментационно-фильтрационных показателей сока I сатурации определяющий эффект в выбранном способе преддефекации имеют режимные параметры преддефекации, структура преддефекационного осадка

чего, к сожалению, не оказалось в работах Бригель-Мюллера, Наво и других исследователей, хотя, как известно, главной задачей преддефекции диффузионного сока является достижение максимального эффекта осаждения растворимых несахаров (ВМС и анионов кислот в форме солей кальция) при обеспечении нормальных седиментационно-фильтрационных показателей.

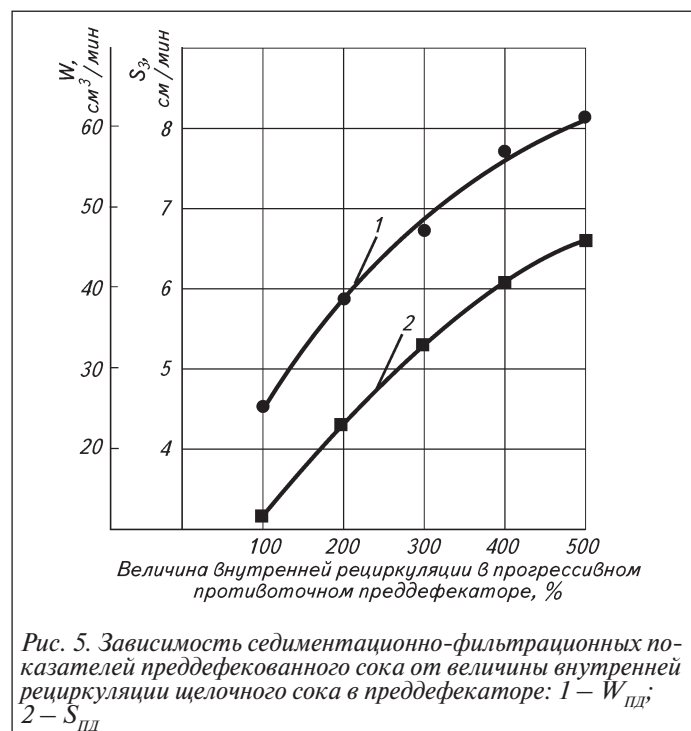
Разные авторы предлагают различные величины внутренней рециркуляции щелочного сока в прогрессивном противоточном преддефекторе: так, по Бекеру, рециркуляция 100% щелочного сока из последней секции до 1 в прогрессивном преддефекторе уже обеспечивает получение оптимальных показателей преддефекции [13]; Вашатко, Кон и Тибенский считают оптимальным работать с постоянной рециркуляцией 200% [18]; Вуков предлагает для эффективного проведения преддефекции поддерживать внутреннюю рециркуляцию на уровне 200–300% [21], а Голыбин считает возможным работать с внутренней рециркуляцией от 200 до 490% [1].

Однако ни один из исследователей не обосновал свои оптимумы внутренней рециркуляции в прогрессивном противоточном преддефекторе с точки зрения их влияния на основные технологические показатели очистки диффузионного сока по секциям аппарата и непосредственно на качество получаемого преддефектованного сока.

Поэтому нами были выполнены специальные исследования процесса теплой (60°C) прогрессивной противоточной преддефекции диффузионного сока ($\text{Ч}_{\text{диф.с.}} = 88,7\%$) в вертикальной пилотной установке (см. рис. 2) с различной величиной внутренней рециркуляции щелочного сока (100, 200, 300, 400 и 500% к объему диффузионного сока) для соответствующего прогрессивного повышения щелочности (см. рис. 4) и pH сока до конечных оптимальных величин с введением карбоната кальция (1% CaO) непосредственно в диффузионный сок, поскольку по Тибенскому коагуляция ВМС в условиях теплой преддефекции может начинаться уже после незначительного повышения pH, но при этом осадок CaCO_3 необходимо вводить

еще до начала коагуляции [19]. В пробах обрабатываемого сока из каждой секции определяли чистоту, а также содержание белковых веществ и анионов кислот.

Из рис. 6 видно, что в 1 секции преддефектора при внутренней рециркуляции 500% щелочного сока имеется несколько повышенный прирост чистоты, по сравнению с другими величинами рециркуляции. Данная зависимость практически сохраняется до 3 секции, однако после 4 секции ситуация кардинально изменяется: наибольший прирост чистоты преддефектованного сока в 6 секции наблюдается при 200% внутренней рециркуляции и чистота сока до оптимально преддефектованного снижается по нисходящей при повышении величины внутренней рециркуляции до 500%. Объяснение этому явлению следует искать в относительно большом разбавлении диффузионного сока (уже очищенным преддефектованным соком) при увеличении внутренней рециркуляции до 500%. Кроме того, с точки зрения кинетики процессов адсорбции и коагуляции максимальному вы-



делению какого-либо компонента из системы (диффузионного сока) будет способствовать возрастание его концентрации, которая, естественно, уменьшается с увеличением степени рециркуляции в преддефекторе.

Обращает на себя внимание кривая наименьшего прироста чистоты сока по секциям при внутренней рециркуляции 100% (см. рис. 6), что можно объяснить практически недостатком необходимого избытка возвращаемого осаждающего реактива (извести) для начала процессов осаждения несахаров в первых секциях и только начиная с 4 секции внутренней рециркуляцией уже вводиться необходимая величина известковой щелочи (как бы в варианте обычной одноразовой известковой преддефекации) для коагуляции ВМС и осаждения анионов кислот вместе с соответствующим приростом чистоты.

Немаловажным также является исследование выделения в осадок основных групп несахаров диффузионного сока: белков и анионов кислот при различных величинах внутренней рециркуляции в преддефекторе. На рис. 7 представлены кривые изменения содержания белков в соках по секциям преддефектора при различных величинах

нах внутренней рециркуляции.

Аналогично изменениям кривых повышения чистоты сока в первых секциях (см. рис. 6) наблюдается также снижение содержания белков при увеличении рециркуляции до 500% (см. рис. 7) за счет эффекта превалирующего разбавления диффузионного сока рециркулируемым преддефектованным. Однако, начиная с 4 и до 6 секции расположение кривых концентрации белков в соке при различной внутренней рециркуляции коренным образом изменяется с достижением минимального остаточного содержания белков в преддефектованном соке при 200% рециркуляции. При внутренней рециркуляции 100% щелочного сока оказался недостаточным резерв извести в рециркулируемом потоке для создания условий наиболее полной коагуляции белков, как и для кривой изменения чистоты (см. рис. 6).

Интересным оказался факт снижения содержания белков уже с 1 секции теплой (60°C) прогрессивной противоточной преддефекации на кривой оптимальной внутренней рециркуляции 200%. При этом не подтвердилось утверждение Бригель-Мюллера, что при прогрессивном повышении pH и щелочности обрабатываемого

диффузионного сока до так называемой «метастабильной зоны» pH 8–9, коллоиды диффузионного сока еще не осаждаются, а лишь каким-то образом стабилизируются, и только при введении в эту зону pH осадка карбоната кальция начинается коагуляция стабилизированных коллоидов. Отличие полученных результатов начала осаждения ВМС уже с первых секций теплой прогрессивной противоточной преддефекации (см. рис. 7) от гипотезы Бригель-Мюллера можно объяснить тем, что он проводил эксперименты по осаждению несахаров в условиях так называемой «холодной преддефекации» ($t \approx 30^{\circ}\text{C}$), где температурный фактор еще слишком слаб для начала коагуляции белков уже с 1 секции с величинами pH, которые лишь несколько превышают pH диффузионного сока. Тибенский также указывает, что стабилизация коллоидов по Бригель-Мюллеру обусловлена относительно низкой температурой обрабатываемого сока в первых секциях преддефектора [19].

В анализе кривых содержания анионов кислот при различных величинах внутренней рециркуляции (рис. 8) отмечается ситуация, подобная изменению кривых содержания белков в соках по сек-

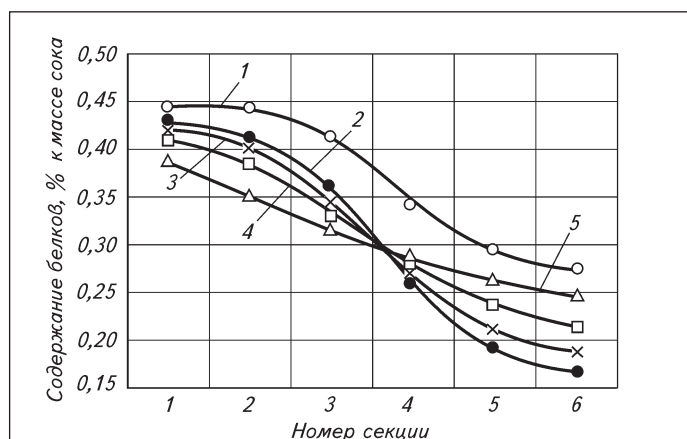


Рис. 7. Кривые изменения содержания белков в соках по секциям преддефектора в зависимости от величины внутренней рециркуляции щелочного сока: 1 — 100%; 2 — 200%; 3 — 300%; 4 — 400%; 5 — 500%

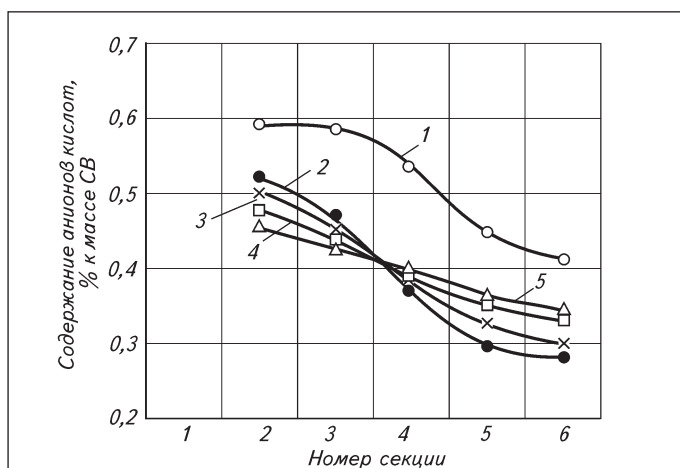


Рис. 8. Кривые изменения содержания анионов кислот в соках по секциям преддефектора в зависимости от величины внутренней рециркуляции щелочного сока: 1 — 100%; 2 — 200%; 3 — 300%; 4 — 400%; 5 — 500%

циям преддефектора на рис. 7. В первых секциях при рециркуляции 500% щелочного сока в преддефекторе наблюдается самое низкое содержание анионов кислот, которое возрастает со снижением величины внутренней рециркуляции, однако начиная с 4 секции и до преддефектованного сока минимальное содержание анионов кислот в 6 секции было при 200%.

Интересной оказалась также точка (пока не объяснимая) пересечения кривых содержания белков (см. рис. 7), анионов кислот (см. рис. 8) при разных величинах рециркуляции (от 200 до 500%), которая отвечает примерно началу 4 секции с концентрациями белков ~0,29 % к массе сока и анионов кислот ~0,42 % к массе СВ.

Представленные результаты свидетельствуют о том, что при относительно больших величинах внутренней рециркуляции щелочного сока (300–500%) значительно улучшаются седиментационно-фильтрационные показатели преддефектованного сока при некотором снижении локального эффекта очистки диффузионного сока на преддефектации. При величине внутренней рециркуляции 100% из последней секции (преддефектованный сок) к 1, куда поступает диффузионный сок, вводится недостаточное количество осаждающего щелочного реагента для необходимых реакций осаждения несахаров уже с первых секций преддефектора, которые в этих условиях не функционируют по своему назначению. В связи с этим не подтвердилось мнение Бекера о возможности работать со 100% внутренней рециркуляции для обеспечения нормальных показателей преддефектации, поскольку недостаточная продолжительность пребывания обрабатываемого сока в последних секциях преддефектора, даже с наличием там необходимого резерва известкового реагента, не позволяет в полной мере скоагулировать белки и осадить анионы кислот в форме малораствори-

мых солей кальция. Максимальная степень осаждения белков и анионов кислот с максимальным приростом чистоты, а также удовлетворительными седиментационно-фильтрационными показателями преддефектованного сока в условиях теплой прогрессивной противоточной преддефектации выявлена при величине внутренней рециркуляции 200% щелочного сока.

На основании сказанного можно сделать следующие выводы. Прогрессивная противоточная преддефектация является на сегодняшний день лучшим вариантом прогрессивной обработки диффузионного сока небольшим количеством извести по седиментационно-фильтрационным и качественным показателям преддефектованного сока.

В комплексной технологической оптимизации прогрессивной противоточной преддефектации необходимо:

- определять оптимальные величины рН и щелочности преддефектованного сока с минимальным остаточным содержанием белков (как модели ВМС), анионов кислот, красящих веществ и максимальным приростом чистоты;
- на основе полученного значения оптимальной щелочности преддефектованного сока по п. 1 при очистке диффузионного сока данного качества установить расчетным путем оптимальную кривую повышения щелочности сока в секциях (от первой до последней) при рациональном значении внутренней рециркуляции щелочного сока — 200% и периодически контролировать найденные оптимальные параметры щелочности сока (и, соответственно, рН) в секциях преддефектора;
- при изменении качества очищаемого диффузионного сока повторно устанавливать оптимальные величины щелочности и рН преддефектации (по п. 1. и рассчитывать оптимальную кривую повышения щелочности сока по секциям преддефектора (по п. 2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Голыбин В.А. Совершенствование и интенсификация технологии физико-химической очистки сахарсодержащих растворов : автореферат дисс. д-ра техн. наук. — М. : 1998. — 48 с.
2. Инструкция по химико-технологическому контролю и учету сахарного производства. — Киев: ВНИИСП, 1983. — 476 с.
3. Рева Л.П. Быстрый метод количественного определения белков в соках сахарного производства / Л.П. Рева, Г.А. Симахина // Вып. 23 : Сахарная промышленность. — М. : ЦНИИТЭИПП, 1978. — №1. — С. 12–16.
4. Технологические показатели работы промышленного секционного сатуратора, Л.П. Рева, В.А. Шостаковский и др. // Сахарная промышленность. — 1976. — №4. — С. 26–31.
5. Устройство для предварительной прогрессивной дефекации диффузионного сока : А.с. №536229 / Л.П. Рева, В.В. Пышняк, В.Ф. Малюк — БИ №43. — 1976.
6. Апарат для попередньої прогресивної протитієїної обробки дифузійного соку вапняним реагентом : пат. України №50226 / Л.П. Рева, В.О. Мірошник, О.О. Петруша — Бюл. №10. — 2010.
7. Дослідження методів визначення оптимальних величин рН (лужності) соку переддефектації / Л.П. Рева, Г.О. Сімахіна, Н.М. Пушанко, В.Ю. Яковенко // Цукор України. — 1996. — №4. — С. 20–22.
8. Рева Л.П. Гідродинамічна структура потоків при проведенні попередньої дефекації дифузійного соку у вертикальному протітеційному апараті / Л.П. Рева, О.О. Петруша, В.О. Мірошник // Цукор України. — 2011. — №6–7. — С.28–35.
9. Рева Л.П. Дослідження ефективності очищення дифузійного соку з поверненням осаду CaCO_3 в різні зони рН прогресивної переддефектації / Л.П. Рева,

О.О. Петруша, Р.В. Степаніщенко // Цукор України. — 2011. — №9 — 10. — С. 23–27.

10. Рева Л.П. Про доцільність використання природних мінеральних сорбентів для додаткового очищення дифузійного соку. / Л.П. Рева, О.Є. Щербатюк, Н.М. Пушанко та ін. // Цукор України. — 2004. — №3–4. — С. 24–27.

11. Рева Л.П. Створення фізичної моделі вертикального прогресивного протитечійного переддефектора для підвищення ефективності процесу переддефектації / Л.П. Рева, В.О. Мірошник, О.О. Петруша // Наукові праці НУХТ. — 2011. — №37–38. — С. 121–126.

12. Сносіб автоматичного керування процесом прогресивної протитечійної переддефектації дифузійного соку, пат. України №63884 / Л.П. Рева, В.О. Мірошник, О.О. Петруша. — Бюл. №20. — 2011.

13. Becker D. Преддефекация Бригель-Мюллера // Zucker. — 1952. — S. 383 — 385.

14. Briegel-Müller A. Aktieselskabet De Danske Sukkerfabrikker // Brevet Belge. — 1951. — №497.707.

15. Briegel-Muller A. Методы очистки свекловичного сока // Zeitschrift für die Zuckerindustrie. — 1959. — №11. — S. 557–564.

16. Briegel-Müller A. Прогрессивная преддефекация // Zeitschrift für die Zuckerindustrie. — 1952. — №9. — S. 307–310.

17. Naveau G. Etude sur le prechaulage et l'épuration des jus // Sucrerie belge. — 1951/52. — №271. — P. 437 — 451.

18. Kohn R. Progresivne predčerenie protiprúdnym spôsobom pri recirkulácii kalnej saturovanej šťavy / R. Kohn, V. Tibensky, G. Vasatko // Listy cukrovarnicke. — 1960. — №6. — S. 121–126.

19. Tibensky V. К вопросу стабилизации коллоидов при очистке свекловичного сока // Listy cukrovarnicke. — 1961. — №2. — S. 36–39.

20. Viklund O. Опыт шведской сахарной промышленности с непрерывной очисткой сока и фильтрацией // Zucker. — 1953. — №11. — S. 264–280.

21. Vukov K. Теоретические вопросы сокоочистки в сахарном производстве // Cukoripar. — 1972. — №4–5. — S. 137–171.

Аннотация. Эффективность прогрессивной противоточной преддефекации диффузионного сока обусловлена рядом факторов, которые должны обеспечивать главную цель процесса — максимально полное осаждение несахаров с удовлетворяющими производство седиментационно-фильтрационными показателями. Проведены исследования комплексной технологической оптимизации преддефекации на физической модели вертикального прогрессивного противоточного преддефектора с определением оптимальных конечных величин pH и щелочности преддефектованого сока, а также рациональной кривой повышения щелочности и pH сока по секциям при соответствующей величине рециркуляции щелочного сока в преддефекторе.

Ключевые слова: прогрессивная противоточная преддефекация, величина рециркуляции, рациональная кривая, коагуляция, осаждения.

Summary. The efficient diffusion juice progressive counter-flow preliming is the subject to number of factors that are to sustain the main goal of the process - the most applicable suspension of the non-sugars in compliance with sedimentation-filtering index numbers of production. There was performed the survey of complex technological optimization of preliming on a physical model of progressive vertical counter-flow predefecation tank defining effective pH values and prelimed juice alkalinity as well as rational curve of alkalinity and pH juice increase according to the sections with the corresponding value of alkaline juice recycling in predefecation tank.

Key words: progressive counter-flow preliming, recycling value, rational curve, coagulation, sedimentation.