

УДК 664.1.039

Профессор В.А. Голыбин, доцент В.А. Федорук,  
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии сахаристых веществ,  
тел. (473) 255-07-51

преподаватель М.А. Лавренова  
(ФГОУ СПО «Жердевский колледж сахарной промышленности»),  
тел. (47535) 5-45-08

## Факторы эффективности операций первого этапа известково-углекислотной очистки диффузионного сока

Предложены прогрессивные технологические приемы интенсификации основных операций первого этапа очистки диффузионного сока, позволяющие повысить эффективность использования гидроксида кальция.

It is proposed advanced technological methods of intensification basic operations of the first phase juice purification, allowing more efficient use of calcium hydroxide

*Ключевые слова:* гидроксид кальция, прогрессивная преддефекация, двухступенчатая сатурация, эффект очистки.

Диффузионный сок, полученный в результате водной экстракции свекловичной стружки, представляет собой сложную смесь, включающую наряду с сахарозой в виде водного раствора большой набор различных примесей, в том числе взвешенных мелкодисперсных частиц свекловичной ткани. В процессе нагревания вследствие коагуляции образуются структуры коагулята высокомолекулярных соединений (ВМС), в том числе белковых макромолекул. Для обеспечения оптимальных условий кристаллизации сахарозы необходимо удалить указанные примеси из сахарных растворов на начальном этапе технологического процесса, чтобы получить сахар-песок стандартного качества в соответствии с ГОСТ 21-94.

Осуществить качественное фильтрование исходного диффузионного сока на фильтрах с максимальным удалением примесей невозможно, так как современные фильтры рассчитаны на использование принципа распределения несахаров в массе частиц карбоната кальция (наполнитель) с определенным соотношением.

Диффузионный сок имеет кислую реакцию, поэтому непосредственное его выпаривание будет вызывать интенсивный распад сахарозы вследствие инверсии и коррозию поверхности теплообмена выпарных аппаратов.

Необходимо также принимать во внимание при практически достижимой величине эффекта очистки на станции дефекосатурации

33-36 % прямую зависимость содержания в диффузионном соке вредных растворимых несахаров и содержания сахарозы в мелассе.

Все перечисленные факторы обосновывают необходимость проведения сложного комплекса операций физико-химической очистки диффузионного сока, а с учетом возросших требований к качеству продукции требуется дальнейшее их совершенствование и интенсификация [1].

Цель физико-химической очистки диффузионного сока – освободить его от взвешенных органических частиц, создать слабощелочную среду для достижения максимальной устойчивости сахарозы в составе очищенного сока и удалить наибольшее количество вредных несахаров. В настоящее время основным методом очистки признана обработка диффузионного сока известью с последующим удалением ее избытка диоксидом углерода. Сок обрабатывают известью в процессе дефекации в два приема – на преддефекации и на основной дефекации. Обработку очищаемого сока диоксидом углерода также осуществляют в два приема – в процессах I и II сатурации. При известковой обработке осаждаются щавелевая, оксалимонная, лимонная и винная кислоты, а также неорганические кислоты в виде солей кальция. Безазотистые органические кислоты, аминокислоты и бетаин не осаждаются известью и остаются в очищенном сахарном растворе. Кроме обычных реакций осаждения несахаров в процессе известковой обработки

протекает еще и коагуляция – главным образом молекул белка диффузионного сока, сапонина и красящих веществ [2].

Первой операцией физико-химической очистки диффузионного сока является прогрессивная предварительная дефекация (ППД), где происходит коагуляция и перевод в осадок значительной части высокомолекулярных несахаров (до 80-90 %), малорастворимых солей кальция и достигается эффект очистки 14-18 %, т.е. до половины общего эффекта очистки диффузионного сока. Результаты работы преддефекации ощущаются не только на фильтрационных свойствах сатурационных соков, но и на показателях качества всех полупродуктов и вырабатываемого белого сахара, в частности, на цветности и мутности его водных растворов, содержании кондуктометрической золы [3].

Важным фактором эффективности ППД является соблюдение определенного темпа прогрессивности нарастания рН (щелочности) по секциям аппарата. Для обеспечения оптимальных условий коагуляции различных несахаров нами рекомендуется замедленный темп изменения щелочности обрабатываемого сока в первых зонах аппарата ППД.

Рекомендуемый режим нарастания рН может быть реализован при поддержании стабильного объемного потока входящего диффузионного сока, постоянства его состава (СВ, рН) и показателей качества известкового молока, вида и количества карбонатного возврата в определенные секции преддефекатора.

В наших исследованиях с использованием диффузионного сока из свеклы различного качества установлено, что при равномерном прогрессивном изменении рН сока в процессе теплой преддефекации (60 °С) лучшие результаты по скорости осаждения твердой фазы ( $S_5$ ) и объему образующегося осадка несахаров ( $V_{25}$ ) достигаются при продолжительности процесса от 7 до 10 мин. При ее увеличении до 15 мин и более снижается скорость осаждения твердой фазы при значительном увеличении мутности декантата сока [4].

Для повышения эффективности ППД и улучшения фильтрационных показателей сока I сатурации целесообразно проведение комбинированной ППД, совмещенной с одновременной дефекосатурацией очищаемого сока при определенном значении рН [5]. Установлены оптимальный расход гидроксида кальция на эту операцию и величина рН проведения дефекосатурации. Экспериментально подтверждено улучшение фильтрационных свойств

сока I сатурации, повышение общего эффекта очистки за счет обеспечения рН-паузы в рекомендуемом временном интервале.

По современной схеме очистки диффузионного сока после ППД предусматривается проведение комбинированной (тепло-горячей) основной дефекации с вводом оптимального количества гидроксида кальция. Целесообразным считается проведение длительной первой ступени дефекации в температурном интервале обработки от 50 до 60 °С. Выбор температуры и продолжительности этой ступени обработки осуществляется с учетом качества получаемого диффузионного сока, в частности, содержания редуцирующих веществ (РВ) и растворимых форм азотистых несахаров.

Нами установлено, что термохимическое разложение указанных вредных несахаров на первой ступени дефекации целесообразно проводить до степени их конверсии соответственно: РВ – 70-75 %, азотистых несахаров – 13-15 %. В условиях пониженной температуры первой ступени дефекации образуются малоокрашенные продукты разложения при полном отсутствии процесса полимеризации красящих веществ, что обеспечивает оптимальные условия адсорбции несахаров в условиях первой ступени карбонизации. Положительное влияние проведения теплой длительной (20-30 мин) известковой обработки объясняется повышенной растворимостью гидроксида кальция, например при 50 °С растворимость СаО в 13 %-ном сахарном растворе в 3,26 раза выше, чем при 90 °С, соответственно возрастает и содержание реакционноспособных гидроксил-ионов вводимого на очистку реагента.

В предлагаемом нами способе модернизированной схемы очистки диффузионного сока предусматривается после первой ступени дефекации осуществление карбонизации гидроксида кальция при оптимальной величине рН и щелочности сока. Для обеспечения нормативных условий проведения первой карбонизации рекомендуется нагревать обрабатываемый сок перед этой операцией до температуры 80-85 °С в режиме замедленного темпа повышения его температуры. Длительность нагревания сока изменяется от 5 до 9 мин за счет использования многоступенчатого повышения температуры с использованием на первой стадии теплоносителя с низким потенциалом (уфельные пары, конденсат). Регулируемое медленное нагревание сока позволяет в максимальной степени использовать высокореакционный пересыщенный раствор гидрок-

сида кальция для завершения реакций разложения РВ (конечная степень распада 93-96 %) и азотистых несахаров (до 20-23 %) в мягких температурных условиях.

Экспериментально установлено снижение оптической плотности обработанных известью нагреваемых соков при замедленном темпе повышения температуры в 1,5-1,6 раза в сравнении с традиционным быстрым (менее 60 с) нагреванием до 85-90 °С. Также сводятся к минимуму процессы укрупнения красящих веществ и их полимеризации вследствие наличия в реакционной среде не растворившихся микрочастиц гидроксида кальция, обладающих адсорбционными свойствами по отношению к химически активным первичным продуктам деструкции вредных несахаров.

После первой ступени дефекации и регулируемого нагревания для адсорбционного удаления оставшихся в соке различных групп несахаров, образовавшихся при известковой обработке и недоосажденных на ППД, проводится карбонизация (сатурация 1А) при определенных технологических параметрах. Цель этой операции – максимальное удаление красящих веществ – продуктов распада РВ в присутствии минимальных концентраций продуктов конверсии азотистых несахаров.

Функции 1А сатурации заключаются в адсорбции карбонатом кальция не только продуктов конверсии РВ и других вредных несахаров, но и частиц коагулята высокомолекулярных несахаров, образовавшихся в процессе проведения преддефекации диффузионного сока. В случае недостаточного их адсорбционного удаления на 1А сатурации (при недостаточном расходе гидроксида кальция на теплую ОД и ее малой длительности), последующие операции известково-углекислотной очистки диффузионного сока даже в присутствии избытка реагента не могут улучшить показатели очищенного сока [6].

Существенное преимущество двухступенчатой I сатурации – практическая возможность возврата на ППД достаточно чистых частиц карбоната кальция в виде сгущенной суспензии сока 1Б сатурации. Известно, что чем чище поверхность частиц карбоната кальция, возвращаемых на ППД, тем большая эффективность этого процесса за счет организованной коагуляции высокомолекулярных несахаров.

В предлагаемом нами варианте скоагулированные и осажденные на первой стадии известковой очистки (на ППД и теплой ОД) несахара не подвергаются длительному высо-

котемпературному воздействию, что исключает их пептизацию и обеспечивает эффективную адсорбцию в процессе 1А сатурации.

Следующий этап известково-углекислотной очистки (горячая ступень ОД) позволит повысить эффект использования гидроксида кальция, так как в сатурационном соке будут минимальные остатки РВ и фрагментов ВМС. Адсорбция в процессе 1Б сатурации при поддержании оптимальной щелочности для обеспечения нормативного фильтрования сока позволит удалить значительную часть образовавшихся красящих веществ с минимальной долей продуктов деструкции ВМС в адсорбционном слое частиц карбоната кальция. Возврат на ППД карбонатной суспензии с этой стадии сатурации позволит снизить переход адсорбированных несахаров при пересатурировании свободными кислотами диффузионного сока и повысить эффективность преддефекационной очистки диффузионного сока. Вводимый перед горячей ступенью основной дефекации гидроксид кальция позволит получить в процессе сатурации (1Б) необходимую массу суспензии карбоната кальция для возврата на ППД и поддержания общей щелочности преддефекованного сока 1,0-1,1 % СаО, что обеспечит последующее нормативное фильтрование сока 1А сатурации.

По предлагаемой модернизированной схеме (рисунок 1) осуществимы варианты работы станции дефеко-сатурационной очистки в зависимости от качества и состава несахаров перерабатываемого сырья путем различной дозировки гидроксида кальция на ступени ОД, регулируемых режимов щелочности и рН 1А и 1Б сатураций, что позволит получить максимальный эффект использования гидроксида кальция со снижением на 20-23 % его комплексного расхода по заводу.

В сравнении с типовой схемой очистки диффузионного сока предлагаемый нами вариант двухступенчатой I сатурации с промежуточным фильтрованием сатурационного сока позволяет снизить цветность очищенного сока на 28-32 %, массовую долю солей кальция на 14-16 %, повысить эффект очистки на 7-9 % (абс.), что приведет к существенно увеличению выхода сахара-песка стандартного качества. Это является особенно актуальным с учетом возрастающих требований к качеству вырабатываемого отечественного сахара в соответствии с требованиями Международных стандартов.

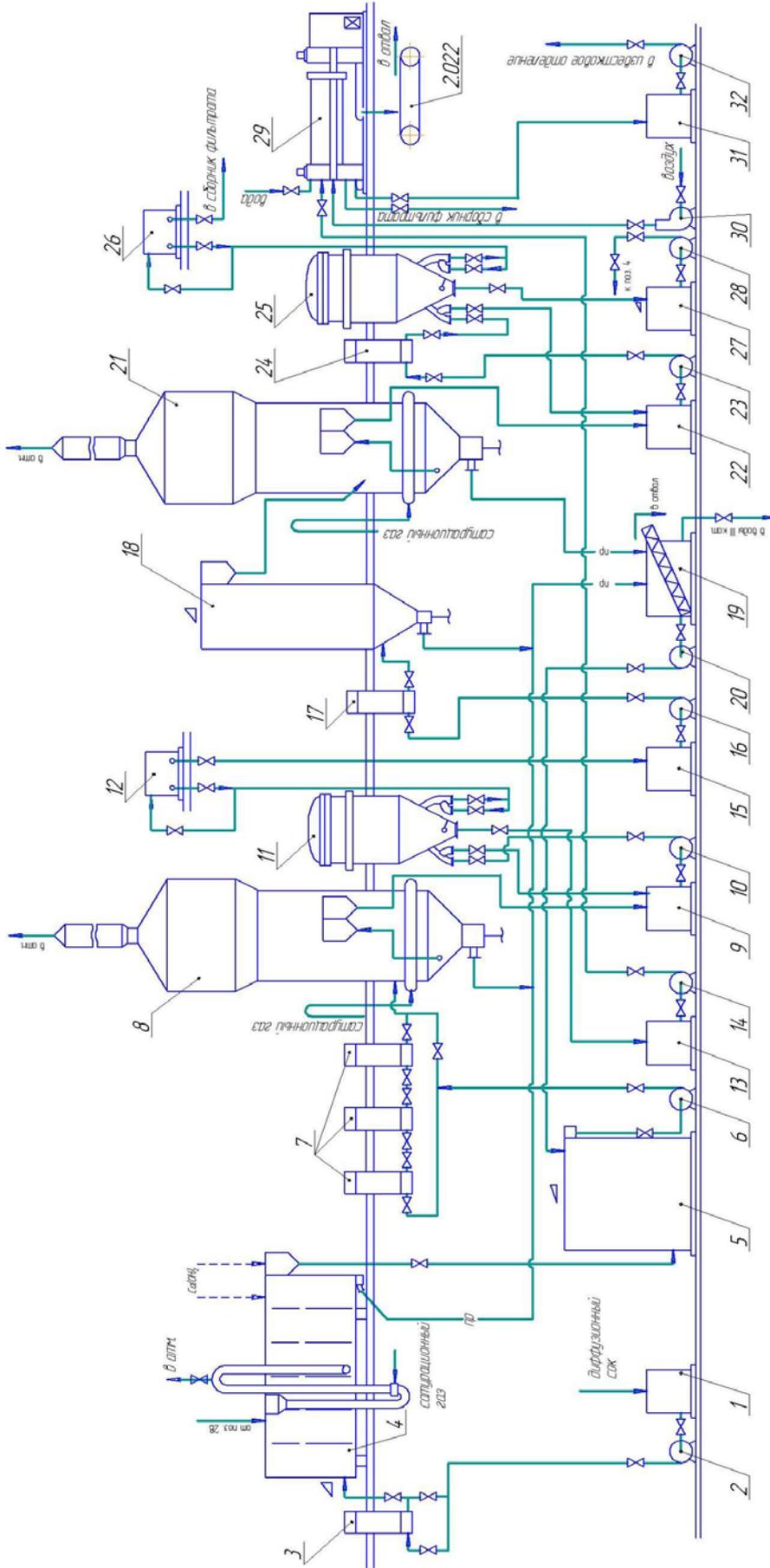


Рисунок 1 - Аппаратурно-технологическая схема первого этапа известково-углекислотной очистки: 1 – сборник диффузионного сока, 2 – насос диффузионного сока, 3 – подогреватели, 4 – прогрессивный преддефектор, 5 – аппарат холодной ступени основной дефекации, 6 – насос дефекованного сока, 7 – подогреватели перед карбонизацией, 8 – сборник карбонизованного сока, 10 – насос, 11 – фильтр, 12 напорный сборник после фильтра, 13 – сборник суспензии, 14 – насос суспензии на ПВД, 15 – сборник фильтрованного сока, 16 – насос, 17 – подогреватель, 18 – аппарат горячей ступени основной дефекации, 19 – сборник продувок, 20 – насос продувок, 21 – сборник сагурированного сока, 23 – насос сагурированного сока, 24 – подогреватель, 25 – фильтр, 26 – напорный сборник, 27 – сборник суспензии, 28 – насос суспензии, 29- фильтр-пресс, 30 – вентилятор, 31 – сборник промыв, 32 – насос промыв

Теоретически обоснованный и подтвержденный экспериментальными данными прогрессивный вариант известково-углекислотной очистки диффузионного сока может быть реализован в производственных условиях в отличие от ранее предлагаемых способов, в которых главной и трудноразрешимой задачей является именно эффективное удаление осадка скоагулированных и осажденных несахаров в условиях прогрессивной предефекации до горячей известковой обработки очищаемого сока.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Голыбин, В. А. Повышение эффективности использования гидроксида кальция для очистки диффузионного сока [Текст] / В. А. Голыбин, В. А. Федорук, А. А. Ткачев // Вестник ВГУИТ. - 2012. - № 2. - С. 158-161.
- 2 Голыбин, В. А. О поведении ВМС свеклы при очистке диффузионного сока [Текст] / В. А. Голыбин, Ю. И. Зелепукин, А. В. Пономарев и др. // Сахарная свекла. - 2008. - № 9. - С. 39-40.
- 3 Голыбин, В. А. Коагуляция белковой фракции ВМС в процессе предефекации [Текст] / В. А. Голыбин, Ю. И. Зелепукин, А. В. Пономарев // Сахар. - 2007. - № 4. - С. 22-23.
- 4 Голыбин, В. А. Влияние вида щелочного возврата на эффективность прогрессивной предефекации [Текст] / В. А. Голыбин, В. А. Федорук, О. С. Насонова // Вестник ВГУИТ. - 2013. - № 1. - С. 156-160.

5 Голыбин, В. А. Усовершенствование аппаратов прогрессивной предварительной дефекации [Текст] / В. А. Голыбин, Ю. И. Зелепукин, А. В. Пономарев // Сахар. - 2007. - № 2. - С. 32-33.

6 Голыбин, В. А. Совершенствование физико-химической очистки сахарных растворов [Текст] / В. А. Голыбин. - Воронеж: ВГТА, 1999. - 128 с.

#### REFERENCES

- 1 Golybin, V. A. Increase efficient of using calcium hydroxide to extract purification [Text] / V. A. Golybin, V. A. Fedoruk, A. A. Tkachev // Bulletin of VSUET. - 2012. - № 2. - P. 158-161.
- 2 Golybin, V. A. The behavior of beet HMC during juice purification [Text] / V. A. Golybin, Y. I. Zelepukin, A. V. Ponomarev et al // Sugar beet. - 2008. - № 9. - P. 39-40.
- 3 Golybin, V. A. Coagulation of HMC protein fraction while preliming [Text] / V. A. Golybin, Y. I. Zelepukin, A. V. Ponomarev // Sugar. - 2007. - № 4. - P. 22-23.
- 4 Golybin, V. A. Effect of the alkali species return to the effectiveness of progressive preliming [Text] / V. A. Golybin, V. A. Fedoruk, O. S. Nasonova // Bulletin of VSUET. - 2013. - № 1. - P. 156-160.
- 5 Golybin, V. A. Progressive improvement of devices predefecation [Text] / V. A. Golybin, Y. I. Zelepukin, A. V. Ponomarev // Sugar. - 2007. - № 2. - P. 32-33.
- 6 Golybin, V. A. Improving physical and chemical purification of sugar solutions [Text] // V. A. Golybin. - Voronezh: VSTA, 1999. - 128 p.