

## Совершенствование процесса прогрессивной преддефекации сахарного производства

Вячеслав А. Голыбин <sup>1</sup>	<a href="mailto:visg@mail.ru">visg@mail.ru</a>
Владимир А. Федорук <sup>1</sup>	<a href="mailto:yzas2006@yandex.ru">yzas2006@yandex.ru</a>
Наталья А. Воронкова <sup>1</sup>	<a href="mailto:nna30@mail.ru">nna30@mail.ru</a>
Илья С. Бушмин <sup>1</sup>	<a href="mailto:bushmin11@yandex.ru">bushmin11@yandex.ru</a>

<sup>1</sup> кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

**Реферат.** Задачи прогрессивной преддефекации заключаются в проведении нейтрализации, коагуляции, осаждении несугаров, формировании структуры осадка. Эта первая операция физико-химической очистки диффузионного сока и в случае проведения ее в оптимальных условиях позволяет осуществить коагуляцию и перевести в осадок значительную часть высокомолекулярных несугаров, малорастворимых солей кальция, что обеспечивает эффект очистки 14–18%, то есть до половины общего эффекта в целом на станции известково-углекислотной очистки. Результаты работы преддефекации ощущаются не только на фильтрационных свойствах сатурационных соков, но и на показателях качества всех полупродуктов и вырабатываемого сахара-песка, в частности на цветности и мутности его водных растворов, содержании золы. В наших исследованиях с использованием диффузионного сока из свеклы низкого качества установлено, что при равномерном прогрессивном изменении рН сока в процессе теплой преддефекации лучшие результаты по скорости осаждения твердой фазы и объему образующегося осадка достигаются при продолжительности от 7 до 10 мин. При ее увеличении до 15 мин и более снижается скорость осаждения твердой фазы при значительном увеличении мутности декантата. Установлено, что вследствие сверхнормативного пребывания значительной части диффузионного сока в условиях прогрессивной преддефекации при 60 °С нарастание цветности преддефекованного сока составило 30–55%, что находится в соответствии с расчетными величинами распада редуцирующих веществ в щелочной среде и образованием при этом дополнительных красящих веществ. Приведены результаты, подтверждающие целесообразность использования для преддефекационной обработки диффузионного сока сгущенных карбонатных возвратов.

**Ключевые слова:** очистка диффузионного сока, преддефекация, факторы, эффект очистки

## Improving the process of progressive preliming in sugar production

Vyacheslav A. Golybin <sup>1</sup>	<a href="mailto:visg@mail.ru">visg@mail.ru</a>
Vladimir A. Fedoruk <sup>1</sup>	<a href="mailto:yzas2006@yandex.ru">yzas2006@yandex.ru</a>
Natal'ya A. Voronkova <sup>1</sup>	<a href="mailto:nna30@mail.ru">nna30@mail.ru</a>
Il'ya S. Bushmin <sup>1</sup>	<a href="mailto:bushmin11@yandex.ru">bushmin11@yandex.ru</a>

<sup>1</sup> technology of fermentation and sugar industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

**Summary.** Tasks progressive preliming are to conduct neutralization, coagulation, deposition of non-sugars, the formation of a precipitate structure. This is the first operation of physical and chemical cleaning of the raw juice in the case of it in optimum conditions enables the coagulation and transferred to precipitate a substantial portion of high-molecular non-sugars, poorly soluble calcium salts that provides the cleaning effect of 14–18%, that is, up to half of the total effect on the whole station lime-carbon dioxide purification. The results preliming felt not only on the properties of the filtration of the carbonated juices, but also on the quality of performance of all intermediates and produced of sugar, in particular the color and turbidity of an aqueous solution, the content of the ash. In our investigations using the raw juice from sugar beet low quality found that when a uniform progressive change in pH of the juice during warm preliming best results for deposition rate and volume solids of the resulting precipitate are achieved when the length of 7 to 10 minutes. If it increases to 15 minutes and further reduced the deposition rate of the solid phase with a significant increase in turbidity decantate. It found that as a result of excess visit a large part of the raw juice in a progressive preliming at 60 °C increase in color prelimed juice was 30–55%, which is in agreement with the calculated values decay reducing agents in alkaline solution and formation of any additional colorants. The results confirming the feasibility of the use preddefekatsionnoy for processing the raw juice of condensed carbonate refunds.

**Keywords:** juice purification, preliming factors, cleaning effect

Для цитирования

Голыбин В.А., Федорук В.А., Воронкова Н.А., Бушмин И.С. Совершенствование процесса прогрессивной преддефекации сахарного производства // Вестник ВГУИТ. 2016. № 4. С. 250–255. doi:10.20914/2310-1202-2016-4-250-255

For citation

Golybin V.A., Fedoruk V.A., Voronkova N.A., Bushmin I.S. Improving the process of progressive preliming sugar production. *Vestnik VSUET* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 4. pp. 250–255. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2016-4-250-255

## Введение

Современное аппаратное оформление операций современной схемы очистки диффузионного сока позволяет достичь при переработке свеклы стандартного качества эффекта удаления несахаров 32–37% [2]. Фактическая величина этого показателя в настоящее время на большинстве российских сахарных заводов ниже 30% и находится в интервале 23–28%. Невысокая эффективность очистки диффузионного сока выражается не только в неполном переводе в осадок различных групп несахаров и их удалении, но и в накоплении в очищенном соке продуктов их щелочно-термической деструкции, в частности красящих веществ, коллоидных структур с низкой молекулярной массой, солей-накипеобразователей и др. Их присутствие в очищенном соке не позволяет обеспечить стабильности качественных показателей полупродуктов на последующих после известковой очистки операциях: выпаривание очищенного сока, уваривание утфелей, кристаллизация сахарозы, обессахаривание оттеков.

На показатели качества очищенного сока после известково-углекислотной очистки (ИУО) диффузионного сока значительное влияние оказывают присутствующие в нем высокомолекулярные соединения (ВМС) (вещества белково-пектинового комплекса) в свободном виде, а также в составе мезги, оставшейся в соке после его фильтрования на мезголовушке. В составе свекловичной мезги преобладают пектиновые вещества – их около 50% к ее массе. В составе азотистых несахаров здоровой свеклы присутствуют белковые вещества – около 60%.

Наличие мезги в соке перед его очисткой в количестве 5 г/дм<sup>3</sup>, что является характерной величиной для многих российских сахарных заводов и соответствует вводу пектиновых веществ в количестве около 0,12% к массе сока, вызывает заметное снижение эффекта известковой очистки (на 5,9%), повышает в 3,5 раза содержание пектиновых веществ в очищенном соке. Из этого можно сделать вывод, что имеющаяся в диффузионном соке мезга с учетом ее последующего гидролиза и щелочно-термического разложения в условиях ИУО представляет собой более вредный органический комплекс несахаров в сравнении с пектиновыми веществами, присутствующими в свекловичном соке в растворенном состоянии в количестве около 0,1% [1].

Приведенные данные являются подтверждением необходимости удаления мезги из диффузионного сока перед его ИУО до обоснованной нормы 1,0–1,5 г/дм<sup>3</sup>. На ряде сахарных заводов России вопросу эффективности работы мезголовушек не уделяется должного внимания, не контролируется степень удаления мезги

и даже исключается из технологического потока эта ступень механической очистки диффузионного сока.

Необходимо упомянуть о дальнейшем использовании удаленной из сока мезги, так как ее количество в заводе производительностью 3000 т свеклы в сутки с учетом типа диффузионного аппарата, состояния сит отбора сока составляет от 17 до 30 т в сутки (во влажном состоянии). При непосредственном ее направлении после мезголовушки в диффузионный аппарат в режиме рециркуляции снижается эффективность его работы, что проявляется в ухудшении проницаемости массы свекловичной стружки, возникновении пробкования и снижении производительности, накоплении в диффузионном соке коллоидных веществ, что снижает чистоту диффузионного сока.

Технология переработки свеклы на европейских сахарных заводах предусматривает тщательное фильтрование диффузионного сока перед ИУО с использованием мезголовушек, оснащенных ситами из нержавеющей стали, что положительно отражается на качестве белого сахара и конечных показателях производства сахара из свеклы [2].

Задачи прогрессивной преддефекации (ППД) заключаются в проведении нейтрализации, коагуляции, осаждении несахаров, формировании структуры осадка. Эта первая операция физико-химической очистки диффузионного сока и в случае проведения ее в оптимальных условиях позволяет осуществить коагуляцию и перевести в осадок значительную часть высокомолекулярных несахаров (до 80–90%), малорастворимых солей кальция, что обеспечивает эффект очистки 14–18%, т. е. до половины общего эффекта в целом на станции ИУО. Результаты работы преддефекации ощущаются не только на фильтрационных свойствах сатурационных соков, но и на показателях качества всех полупродуктов и вырабатываемого сахара-песка, в частности на цветности и мутности его водных растворов, содержания зольности.

С учетом значимости преддефекационной обработки сока необходимо проанализировать влияние основных факторов на ее эффективность. Основными из них являются: качество исходного диффузионного сока (в том числе и содержание мезги), длительность пребывания сока в аппарате ППД, темп нарастания рН по секциям, вид и количество карбонатных возвратов.

В ранее выполненных разными авторами работах исследовали влияние продолжительности преддефекации на степень коагуляции и осаждения ВМС, формирование структуры осадка, качество преддефекованного и очищенного сока в идеальных условиях, т. е. фактическая продолжительность обработки диффузионного сока соответствовала ее оптимальной величине [1].

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

В производственных условиях фактическая длительность пребывания сока в горизонтальном аппарате прогрессивной преддефекации существенно отличается от ее расчетной величины, что обусловлено многими причинами. Обработка диффузионного сока в современных преддефекаторах в режиме противоточного движения с щелочными реагентами увеличивает вероятность образования «застойных» зон, что приводит к возрастанию времени нахождения сока в них.

По нашим экспериментальным данным в зависимости от уровня заполнения аппарата, угла установки верхних поворотных перегородок и интенсивности вращения лопастей перемешивающего устройства выход обработанного сока из последней секции преддефекатора спустя 10 мин после входа диффузионного сока в первую секцию составлял от 42 до 60%, спустя 20 мин – 25–36%, спустя 40 мин – 5–13%. Для характерного режима работы реального преддефекатора на максимальном уровне сока (85–90% от полной вместимости), небольшой величине угла установки верхних перегородок (10–12 град.) даже спустя 50 мин от ввода сока в 1-ую секцию наблюдался выход обработанного продукта из 6-ой секции в количестве около 10% от объема введенного. Можно утверждать, что в среднем только половина объема, введенного в преддефекатор диффузионного сока, выходит из аппарата в течение расчетного времени, другая половина находится в состоянии постоянного противоточного и хаотичного перемещения в вертикальной и горизонтальной плоскости в малоуправляемом щелочном режиме. Установлено, что доля рециркулирующего в аппарате сока изменяется в 1,5–2,5 раза в зависимости от вышеперечисленных основных факторов работы горизонтального аппарата ППД [1].

Таким образом, фактические результаты преддефекационной обработки диффузионного сока в производственных условиях существенно отличаются от показателей ее эффективности при проведении в идеальных условиях по продолжительности и темпу изменения щелочности по секциям.

Превышение длительности пребывания сока в аппарате ППД сверх обоснованной нормы вызывает заметное ухудшение качества преддефекованного и очищенного соков. Это обусловлено процессом деструкции агрегатов скоагулированных ВМС с частичной пептизацией коагулята низкомолекулярной фракции белковых веществ, разложением редуцирующих веществ (РВ) в щелочной среде с образованием сильноокрашенных красящих веществ, механическим разрушением при интенсивном перемешивании образовавшихся конгломератов на основе частиц карбоната кальция [3].

В наших исследованиях установлено, что вследствие сверхнормативного пребывания значительной части диффузионного сока в условиях прогрессивной преддефекации при 60 °С нарастание цветности преддефекованного сока составило 30–55%, что находится в соответствии с расчетными величинами распада РВ в щелочной среде и образованием при этом дополнительных красящих веществ. Появление в обрабатываемом диффузионном соке низкомолекулярных продуктов распада РВ, обладающих высокой реакционной способностью, уменьшает эффективность ввода в рабочую среду возвратов различных суспензий карбоната кальция, снижает степень коагуляции ВМС в процессе ППД и общий эффект ИУО.

Установлено, что расход извести на преддефекацию с достижением минимальной цветности преддефекованного сока позволяет получить высокие фильтрационные показатели сока I сатурации, снизить содержание солей кальция в сиропе и повысить его чистоту. Нами обращено внимание на явную зависимость расхода извести на преддефекацию и цветность преддефекованного сока [4]. Для диффузионного сока среднего качества (Ч 85,4%) увеличение расхода извести до 0,40% СаО вызвало более щелочной режим его обработки, что интенсифицировало распад РВ с повышением цветности преддефекованного сока на 20%. Для сока пониженного качества (Ч 80,2%) увеличение расхода извести до 0,40% СаО повысило цветность сока более заметно – на 63%. Известно, что свекла пониженного качества характеризуется повышенным содержанием РВ, следовательно, более заметный их распад способствовал появлению в большем количестве несхаров, которые отрицательно повлияли на эффективность коагуляции ВМС и снижение эффекта ИУО в целом. Этот вывод подтверждается фактическими данными – общий эффект очистки для диффузионного сока среднего качества при минимальной цветности преддефекованного сока составлял 35,0%, для того же сока, но повышенной цветностью сока после преддефекации эффект снизился до 33,5% [1].

Подтверждением этих выводов являются результаты промышленных испытаний опытной конструкции аппарата прогрессивной преддефекации, в котором упорядочение движения потоков очищаемого сока обеспечило его работу в режиме полного вытеснения [5, 6]. В сравнении с преддефекацией в режиме полного перемешивания работа опытного аппарата на диффузионном соке среднего качества позволила снизить цветность очищенного сока на 22%, содержание ВМС – на 32%, содержание солей кальция – на 19%, повысить эффект очистки на 6,7%.

Важным фактором эффективности ППД является соблюдение определенного темпа прогрессивности нарастания рН (щелочности) по секциям аппарата [7]. Рекомендуемый режим нарастания рН может быть реализован при поддержании стабильного сокового потока, постоянства состава диффузионного сока (СВ, рН) и показателей известкового молока, вида и количества карбонатного возврата в определенные секции преддефекатора. В производственных условиях зачастую уже в 1-ой секции прогрессивного преддефекатора достигается рН 8,5 и более, в 3-ей секции рН 10,5 – 10,8, т. е. обработка диффузионного сока осуществляется в форсированном режиме нарастания щелочности. Нами получены экспериментальные данные по нарастанию цветности преддефекованного сока при различных режимах прогрессивности рН – замедленный, равномерный и форсированный. При 50 °С превышение цветности в процессе преддефекации в форсированном режиме составило 26% в сравнении с замедленным темпом, при 60 °С нарастание цветности 29,5%.

Приведенные результаты находят свое объяснение с учетом определения расчетных величин среднелинейных констант  $K$  (учитывается время пребывания сока в секциях) скорости распада РВ при различных темпах прогрессивности рН по секциям преддефекатора – при замедленном темпе  $K_1$  составила  $1,45 \cdot 10^{-5}$ ; при равномерном –  $K_2 - 5,2 \cdot 10^{-5}$ ; при форсированном режиме –  $K_3 - 4,9 \cdot 10^{-4}$ . Константа скорости щелочного распада РВ при режиме 3 примерно на порядок выше в сравнении с равномерным темпом нарастания рН в аппарате ППД. Расчетные величины распада РВ в приведенных условиях (50 °С) при нормативной длительности преддефекации незначительные – соответственно от 0,15 до 0,95%, фактически их разложилось от 0,75 до 4,7%, что является подтверждением наличия в аппарате ППД застойных зон, увеличивающих длительность нахождения сока в нем и протекание нежелательных реакций разложения нес сахаров.

На диффузионном соке Ч 86,2% нами исследовано влияние степени прогрессивности нарастания рН по секциям преддефекатора на показатели преддефекованного и сатурационного соков. При замедленном темпе нарастания рН по секциям, например, достижение в 3-ей секции рН 8,2 – 8,4 в течение 6,5 мин при общей длительности преддефекации 10 мин, скорость осаждения твердой фазы преддефекованного сока  $S_{10}$  увеличилась на 36%, объем осадка  $V_{25}$  уменьшился на 13%, цветность очищенного сока снизилась на 16%, содержание солей кальция – на 9% (в сравнении с форсированным режимом). Т.е. замедленный темп прогрессивности рН в аппарате ППД позволил улучшить не только показатели преддефекованного, но и очищенного сока.

Объяснить приведенные экспериментальные данные можно с учетом известных теоретических обоснований процессов, протекающих на стадии преддефекационной обработки сока. Процессу коагуляции ВМС в условиях преддефекации предшествуют сложные конформационные изменения структуры различных уровней макромолекул, и они требуют определенных условий [3]. Для обеспечения необходимой степени дегидратации, предшествующей коагуляции молекул ВМС, перевода системы из стабильного в метастабильное состояние через стадию сенсibilизации с образованием плотных конгломератов с малой удельной поверхностью, необходим определенный промежуток времени, зависящий от многих факторов. Следовательно, начальный этап постепенного, а не форсированного режима прогрессивности нарастания рН в процессе преддефекации является одним из определяющих условий эффективности первой ступени известковой очистки диффузионного сока.

Подтверждением вышесказанному являются результаты исследований денатурационных преобразований белковых веществ, в которых установлено, что воздействие двух основных факторов преддефекации (температура и присутствие  $Ca^{2+}$ ) на степень коагуляции проявляется в максимальной степени в интервале щелочности 0,05–0,10% CaO, дальнейшее повышение щелочности среды выше 0,10% CaO вызывает пептизацию белкового коагулята. При комплексном воздействии факторов преддефекации (температура, наличие катионов  $Ca^{2+}$ , адсорбция осадком малорастворимых солей кальция, щелочная среда – анионы OH) процесс коагуляции белковых веществ начинает достаточно интенсивно протекать в зоне малых щелочностей 0,01–0,03% CaO, а при щелочности 0,05% CaO их переводится в осадок уже более 30% [4].

Из вышесказанного становится очевидным важность контроля нарастания щелочности обрабатываемого сока в процессе прогрессивной преддефекации. Нами проведены экспериментальные исследования количественного распределения по всем секциям реагента (известкового молока в заводских условиях), вводимого в последнюю 6-ую секцию модельного аппарата прогрессивной преддефекации, при изменении основных воздействующих переменных факторов регулирования его работы: угол установки верхних поворотных перегородок; уровень заполнения аппарата соком; интенсивность вращения лопастей перемешивающего устройства.

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о незначительном влиянии различных сочетаний исследованных переменных факторов на щелочность в 6-ой секции – для всех вариантов  $\pm 12,7\%$  от среднего значения, т. е. щелочность преддефекованного сока на выходе из аппарата ППД будет  $0,18 \pm 0,023\%$  CaO (без учета ее затрат на нейтрализацию свободных кислот диффузионного сока). Однако щелочность сока в 1-ой секции (место входа диффузионного сока) изменяется в очень широком интервале от  $0,024$  до  $0,14\%$  CaO (в 5,83 раза), т. е. щелочность в 1-ой секции может составлять  $0,082 \pm 0,058\%$  CaO.

Существенное влияние на интенсивность перемещения очищаемого сока и распределение добавляемого известкового молока в последнюю секцию преддефекатора оказывает ввод в аппарат возвратов различных карбонатных суспензий. Нами проведены экспериментальные исследования по влиянию ввода дополнительной рабочей среды (возврат сока I сатурации в реальных аппаратах) в 3-ю секцию преддефекатора в количестве от 30 до 110% к объему основной рабочей среды (диффузионного сока). При увеличении возврата более 70% доля вещества (известкового молока), доходящего в противотоке основному потоку от 6-ой до 1-ой секции, уменьшается в 2,0–2,7 раза. Следовательно, в производственном аппарате преддефекации щелочность в первых секциях в основном обусловлена возвратом сока I сатурации, а не вводимым в 6-ую секцию гидроксидом кальция. Присутствующие в составе несахаров возвращаемого сока продукты щелочно-термической конверсии моносахаров, а также фрагменты не удаленных адсорбцией низкомолекулярных фракций ВМС, имеющих отрицательный заряд, ухудшают условия предденатурационной обработки ВМС диффузионного сока в первых двух секциях преддефекатора, что снижает степень их коагуляции и общий эффект очистки.

Нами получены экспериментальные данные по влиянию количества возвращаемого сока I сатурации в зону рН преддефекации 8,0–8,5 на показатели преддефекованного сока при

очистке диффузионного сока низкой чистоты (С 78,0%, РВ 0,27%). Полученные данные свидетельствуют, что при увеличении объемов возврата сока I сатурации до 100% и более показатели седиментации ухудшились в 2–3 раза, объем осадка  $V_{25}$  увеличился в 1,3–1,6 раза.

Аналогичные результаты были получены при очистке диффузионного сока пониженного качества при различном вводе на преддефекацию сока I сатурации – при его увеличении более 30% ухудшилось фильтрование сока I сатурации, повысилась цветность сиропы и снизилась его чистота [4].

Приведенные результаты являются подтверждением целесообразности использования для преддефекационной обработки диффузионного сока сгущенных карбонатных возвратов:

- во-первых, малых их объемов для минимизации возмущений в установившийся режим гидродинамической обстановки в преддефекаторе;
- во-вторых, с минимальным содержанием в жидкой фазе карбонатных возвратов продуктов щелочно-термического распада различных несахаров, имеющих отрицательные значения дзета-потенциала.

#### Заключение

В результате выполненных исследований по влиянию различных факторов проведения прогрессивной преддефекации и обобщений известных данных с целью повышения ее эффективности целесообразно:

- постоянно контролировать работу мезголовушек диффузионного сока с достижением минимальных допустимых концентраций мезги в соке, поступающем на преддефекацию;
- для повышения управляемости работой горизонтального преддефекатора иметь возможность изменять в обоснованных интервалах и фиксировать не только угол установки верхних поворотных перегородок, но и интенсивность перемешивания обрабатываемого сока и степень заполнения аппарата;
- устанавливать режим прогрессивности щелочности по секциям преддефекатора с учетом качества перерабатываемой свеклы и полученного диффузионного сока по скорости осаждения частиц осадка преддефекованного сока, цветности декантата и величине эффекта очистки на этой операции [5];
- в качестве карбонатного возврата на преддефекацию использовать сгущенную суспензию сока II сатурации.

Современные горизонтальные аппараты ППД не позволяют обеспечить стабильности поддержания заданного режима нарастания щелочности, особенно при переработке свеклы ухудшенного качества с переменным составом несахаров, что затрудняет получение преддефекованного сока с минимальной цветностью, нормативной скоростью седиментации частиц осадка и высоким эффектом очистки, поэтому необходимо наряду с совершенствованием существующих аппаратов создавать новые [6].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Тейлор М. и др. Новая технология извлечения сахара из сахарной свеклы от компании Fives Cail // Сахар. 2009. № 2. С. 72–80.
- 2 Сапронов А.Р., Сапронова Л.А., Ермолаев С.В. Технология сахара. СПб.: Профессия, 2013. 296 с.
- 3 де Бруин Я.М. Поиск и устранение отклонений в свеклосахарном производстве: обзор // Сахар и свекла. 2013. № 1. С. 36–45.
- 4 Гольбин В.А., Федорук В.А., Воронкова Н.А. Анализ факторов эффективности прогрессивной предефекации // Сахар. 2013. № 6. С. 74–80.
- 5 Зелепукин Ю.И. и др. Интенсификация известково-углекислотной очистки диффузионного сока // Сахар. 2016. № 1. С. 40–43.
- 6 Гольбин В.А., Зелепукин Ю.И., Пономарев А.В. Усовершенствование аппаратов прогрессивной предварительной дефекации // Сахар. 2007. № 2. С. 32–33.
- 7 Рад М.А., Рад А.А., Шревель Ж. Оценка очистки сока на сахарных заводах // Сахар и свекла. 2015. № 2. С. 17–32.
- 8 Алексеев Г.В., Аксенова О.И. Возможности моделирования оборудования для снижения энергоёмкости реализуемых технологических процессов // Вестник Международной академии холода. 2015. № 4. С. 49–54.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Вячеслав А. Гольбин** д. т. н., профессор, кафедра технологии броидильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19 г. Воронеж, 394036, Россия, visg@mail.ru  
**Владимир А. Федорук** к. т. н., доцент, кафедра технологии броидильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19 г. Воронеж, 394036, Россия, yzas2006@yandex.ru  
**Наталья А. Воронкова** соискатель, кафедра технологии броидильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19 г. Воронеж, 394036, Россия, nna30@mail.ru  
**Илья С. Бушмин** студент, кафедра технологии броидильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19 г. Воронеж, 394036, Россия, bushmin11@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

**Вячеслав А. Гольбин** предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания  
**Владимир А. Федорук** обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты  
**Наталья А. Воронкова** консультация в ходе исследования  
**Илья С. Бушмин** написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 09.11.2016

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 01.12.2016

REFERENCES

- 1 Taylor M. et al. The new technology of extraction of sugar from sugar beets from the company Fives Cail. *Sakhar* [Sugar]. 2009. no. 2. pp. 72–80. (in Russian).
- 2 Saponov A.R., Saponova L.A., Ermolaev S.V. *Tekhnologiya sakhara* [Technology of sugar] Saint-Petersberg, Professiya, 2013. 296 p. (in Russian).
- 3 de Bruin J. M. Search and elimination of deviations in the sugar industry: a review. *Sakhar i svekla* [Sugar and beet] 2013. no. 1. pp. 36–45. (in Russian).
- 4 Golybin V.A., Fedoruk V.A., Voronkova N.A. Analysis of the factors of efficiency of progressive preliming. *Sakhar* [Sugar]. 2013. no. 6. pp. 74–80. (in Russian).
- 5 Zelepukin Yu.I. et al. Intensification of lime-carbon dioxide extract purification. *Sakhar* [Sugar]. 2016. no. 1. pp. 40–43 (in Russian).
- 6 Golybin V.A., Zelepukin Yu.I., Ponomarev A.V. Improving apparatus progressive predefecation. *Sakhar* [Sugar] 2007. no. 2. pp. 32–33. (in Russian).
- 7 Rad M.A., Rad A.A., Shrevel' Zh. Evaluation of cleaning the juice at sugar factories. *Sakhar i svekla* [Sugar and beet]. 2015. no. 2. pp. 17–32. (in Russian).
- 8 Alekseev G.V., Aksenova O.I. Features hardware simulation to reduce the energy intensity of ongoing processes. *Vestnik Mezhdunarodnoj akademii hoda*. [Journal of the International Academy of Refrigeration]. 2015, no. 4, pp. 49–54.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Vyacheslav A. Golybin** doctor of technical sciences, professor, department of technology of fermentation and sugar industries, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, visg@mail.ru  
**Vladimir A. Fedoruk** candidate of technical sciences, associated professor, department of technology of fermentation and sugar industries, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, yzas2006@yandex.ru  
**Natal'ya A. Voronkova** applicant, department of technology of fermentation and sugar industries, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, nna30@mail.ru  
**Il'ya S. Bushmin** student, department of technology of fermentation and sugar industries, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, bushmin11@yandex.ru

CONTRIBUTION

**Vyacheslav A. Golybin** proposed a scheme of the experiment and organized production trials  
**Vladimir A. Fedoruk** review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations  
**Natal'ya A. Voronkova** consultation during the study  
**Il'ya S. Bushmin** wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 11.9.2016

ACCEPTED 12.1.2016