

## Лохвицкий сахарный завод: техническое перевооружение станции дефекосатурационной очистки диффузионного сока

*В.Н. Кухар, генеральный директор, ООО фирма «ТМА»*

*Д.М. Винюков, ведущий инженер-конструктор, ООО фирма «ТМА»*

*М.С. Козло, ведущий инженер-технолог, ООО фирма «ТМА»*

*О.Н. Сластененко, заведующий отделом сокоочистки, ООО фирма «ТМА»*

*Л.И. Чернявская, доктор технических наук, старший научный сотрудник, заведующий отделом сырья, контроля и учета производства, УкрНИИСП*

*В.А. Потельчак, директор, ОДО «Яготинский механический завод»*

*В.А. Дериведмидь, директор, Лохвицкий сахарный завод*

*О.А. Кириченко, главный технолог, Лохвицкий сахарный завод*

Представлены результаты первого этапа технического перевооружения станции дефекосатурационной очистки диффузионного сока Лохвицкого сахарного завода и основные технологические показатели ее работы. Дано описание единиц оборудования большой производственной мощности, технологической схемы, организация возвратов на подщелачивание диффузионного сока на предварительной дефекации. Приведены технологические показатели работы станций в сезон 2012 года.

Ключевые слова: диффузионный сок, скорость и степень осаждения осадка сока предварительной дефекации, организация подщелачивающих возвратов.

Лохвицкий сахарный завод имеет славную историю. Он был построен в рекордно короткие сроки: 07.11.1928 г. состоялась закладка завода, а введен в эксплуатацию в октябре 1929 года. При его запуске производительность завода составляла 2 тыс. тонн переработки свеклы в сутки. Завод все время наращивал свою производительность. В 1933 году она уже составляла 2,4 тыс. тонн, в 1953 г - 3,8, в 1960 – 5,7 тыс. тонн. В настоящее время она составляет 9,6 тонн переработки свеклы в сутки. Однако технические решения, заложенные при текущих реконструкциях, требуют модернизации.

С целью снижения расхода топлива и вспомогательных материалов, улучшения качественных показателей сахара и увеличения его выхода и в со-



ответствии с программой комплексного технического перевооружения коллектив завода осуществляет поэтапную модернизацию станций завода. В 2011 году Харьковским отделением «Укрсахпроект» была выполнена технологическая часть проекта технического перевооружения станции дефекосатурационной очистки диффузионного сока, а в 2012 году – первая очередь реконструкции, включающая установку аппарата прогрессивной предварительной

дефекации, смесителя преддефекованного сока с известковым молоком и аппарата основной дефекации для проведения его первой ступени.

Руководством сахарного департамента управляющей компании к реализации проекта было выбрано оборудование, разработанное фирмой «ТМА» специально для Лохвицкого сахарного завода - трех единиц оборудования на производительность 10 тыс. тонн переработки свеклы в сутки – аппарата для проведения процесса предварительной прогрессивной преддефекации, смесителя преддефекованного сока с известковым молоком и аппарата для проведения холодной (теплой) дефекации. Специалистами фирмы «ТМА» ранее были разработаны и внедрены на сахарных заводах конструкции аппаратов станции дефеко-сатурации на производитель-

ность 3, 4,5-5,0 и 6 тыс. тонн переработки свеклы в сутки [5, 6, 7, 10, 16].

Как известно, процесс предварительной и основной дефекации для сырья современных кондиций, а также I сатурации, проведенный в оптимальном режиме, обуславливает эффективное удаление максимального количества несахаров как путем осаждения в виде нерастворимых солей кальция и в виде структурированного белково-пектинового комплекса, так и абсорбированных на карбонате кальция  $\text{CaCO}_3$ , красящих веществ, являющихся в основном продуктами распада моносахаров. Оптимально проведенный процесс на этом технологическом участке обеспечивает около 60% эффекта в сокоочистительном отделении и в значительной мере влияет на работу фильтрационного и декантационных станций [1, 2, 13, 18].

Дефекосатурационная очистка диффузионного сока - важнейший участок технологического процесса сахарного производства, обеспечивающий под действием извести и углекислого газа удаление несахаров из диффузионного сока [1, 2, 8, 9, 13, 14, 18]. В климатических условиях Западной Европы сахарные заводы стабильно перерабатывают свеклу с высокими технологическими качествами, поступающую на переработку прямо с поля [2, 18]. В Украине по климатическим условиям вся свекла должна быть выкопана из земли до наступления морозов, после уборки предусматривается хранение свеклы (в кагатах на при заводских свеклопунктах или в полевых кагатах), сопровождающееся снижением качества свекловичного и диффузионного соков. Кроме того, повсеместно используемые гибриды зарубежной селекции имеют низкую устойчивость к поражению микроорганизмами и, особенно в начальный период хранения, при высокой температуре воздуха и низкой относительной его влаж-

ности, а также при длительном хранении могут образовывать очаги загнивания корнеплодов, что также приводит к снижению технологических качеств свеклы и соответственно качества диффузионного сока. Такие процессы обуславливают увеличение веществ коллоидной степени дисперсности, органических кислот, являющихся продуктами распада сахарозы, метаболизма микроорганизмов и зависят от направленности обменных процессов, протекающих в углеводном комплексе при хранении свеклы [15, 19].

Поэтому на отечественных сахарных заводах в течение производственного сезона на переработку поступает сырье разного технологического качества. Станция очистки должна обеспечивать высокий эффект удаления несахаров как при переработке свежевыкопанного сырья, так и после разных сроков его хранения. От качества сырья и работы этой станции в значительной мере зависит работа фильтрационного оборудования и получение сахара высокого качества [12, 13].

Конструктивно все единицы оборудования этой станции разрабатываются и предназначены для проведения отдельных технологических реакций в оптимальном режиме. Последовательность процессов и их длительность должны обеспечивать максимально возможное удаление несахаров из диффузионного сока.

Для достижения оптимальных показателей по осаждению нерастворимых солей кальция (оксалатов, цитратов, сульфатов, фосфатов), структурирования осадка (с его дегидратацией) белково-пектинового комплекса, объемы (полезный и полный) и конструкция аппарата предварительной дефекации должны обеспечивать последовательное движение основного потока диффузионного сока (250-350%); обратный поток сока вместе с известковым мо-

локом в количестве 150-250%; дозирование известкового молока в последнюю секцию аппарата. Кроме того необходимо обеспечение возможности отбора проб для лабораторного контроля протекания процессов нарастания щелочности и рН по секциям аппарата.

В соответствии с разработками ученых рекомендуется осуществлять подщелачивание диффузионного сока суспензиями сока I, II сатураций или нефiltroванным соком I сатурации в зависимости от качества сырья, ситуации с наличием этих полупродуктов и возможностей завода по их дозированию с целью равномерного увеличения рН и щелочности по секциям [2, 3, 4, 17].

На предварительной дефекации под действием 0,25% к массе свеклы извести происходит осаждение растворимых несахаров, образующих с известью осадок, высокомолекулярных соединений (белковых и пектиновых веществ), отдельных анионов кислот (щавелевой, лимонной, серной, фосфорной). Осадок после предварительной дефекации должен иметь структуру, устойчивую к разрушительному воздействию высокой щелочности и температуры, присущие основной дефекации.

На основной дефекации сок обрабатывается 1,5-2,0% извести. На этом этапе происходит разложение редуцирующих веществ и удаление аммиака вследствие распада амидов кислот.

В аппаратном оформлении фирма «ТМА» использовала технические решения, апробированные и проверенные на лучших предприятиях отрасли - отечественных и зарубежных. Отдельные аппараты станции разработаны с учетом современных взглядов на процессы очистки диффузионного сока. Новизна технических решений защищена патентами. Технологическая схема дефекосатурационной очистки диффузионного

## ПЕРЕДОВОЙ ОПЫТ

сока разработана с учетом энергосберегающих решений относительно использования теплоносителя самого низкого потенциала – уфельных паров. В схеме возможно использование подогревателя на уфельных парах.

Оборудование станции было изготовлено на Яготинском сахарном заводе по документации фирмы «ТМА».

Аппараты решено было установить внутри главного корпуса. Эта часть станции дефекоосатурационной очистки диффузионного сока включает аппарат предварительной дефекации марки ТМА-ППД-10, смеситель сока предварительной дефекации с известковым молоком марки ТМА-ПСК-10М, аппарат холодной ступени основной дефекации марки Ш1-ПДХ-10-630П.

Следует отметить некоторые особенности установленного оборудования. Аппарат для проведения прогрессивной предварительной дефекации имеет полный объем 360 м<sup>3</sup>, разделен на 7 секций. В качестве привода установлен мотор-редуктор Nord 37 кВт, обеспечивающий 8,1 об<sup>-1</sup>.

Достаточные объемы (полный и полезный) аппарата предварительной дефекации позволяют обрабатывать диффузионный сок с высоким содержанием сухих веществ, формировать и структурировать преддефекационный осадок, что даст возможность получить высокую плотность суспензии после фильтров I сатурации или отстойников, хорошо отделяемую лепешку фильтрационного осадка на вакуум-фильтрах или пресс-фильтрах.

При разработке конструкции аппарата прогрессивной предварительной дефекации на производительность 10000 тонн переработки свеклы в сутки был учтен опыт эксплуатации аналогичных единиц оборудования на заводах большой производительности – Вербковице (Польша), Крыжопольского (Украи-

на), Елань-Коленовского (РФ).

Смеситель преддефекованного сока с известковым молоком оснащен приводом Nord мощностью 7,5 кВт, n=60 оборотов в минуту. Конструкция аппарата позволяет осуществлять хорошее перемешивание сока с известковым молоком, что было подтверждено экспериментальными аналитическими исследованиями.

Аппарат для проведения первой ступени дефекации имеет полный объем 680 м<sup>3</sup>, привод мотор-редуктор Bonfiglioli 4 кВт, обеспечивающий 2,4 оборотов в минуту. Аппарат служит также буферной емкостью при нестандартных ситуациях в системе автоматизации работы станции.

В зависимости от качества перерабатываемого сырья процесс преддефекации можно осуществлять по вариантам с использованием суспензии сока I сатурации, возврата нефильтрованного сока I сатурации и суспензии сока II сатурации в секции преддефекатора, ввода известкового молока в последнюю секцию. В начале сезона при пуске завода, а также при переработке свеклы ухудшенного качества необходимо работать с возвратом нефильтрованного сока I сатурации; при переработке сырья хорошего и стандартного качества целесообразно работать с использованием суспензии сока I и II сатурации.

Количество подаваемой суспензии сока I сатурации может изменяться от 1,5% до 10% к объему отбираемого диффузионного сока в зависимости от технологического режима подщелачивания преддефекатора. При таком режиме подщелачивания pH сока в первой секции будет составлять 8,1-8,5 в зависимости от количества вводимой суспензии. pH сока на выходе из преддефекатора будет составлять 10,8-11,2 в зависимости от седиментационно-фильтрационных свойств дефекованного сока, обусловленных качеством перерабатываемого

сырья.

Предусмотрена подача известкового молока в 4 точки схемы дефекоосатурационной очистки: на предварительную дефекацию в количестве 0,25-0,35% к массе свеклы, на основную дефекацию в количестве 1,4-1,9% к массе свеклы, на дефекацию перед II сатурацией - 0,3-0,5% к массе свеклы и на активизацию суспензии сока II сатурации - 0,1% к массе свеклы.

Оптимальные значения pH и соответствующее ему значение щелочности сока I сатурации устанавливается главным технологом на основании анализа перерабатываемой свеклы и показателей, характеризующих седиментационно-фильтрационные свойства сока – скорость осаждения осадка за минуту  $S_{55}$ , см/мин, объем осадка  $V_{25}$ , %, и коэффициент фильтрации сока  $F_k$ .

### *Краткое описание технологической схемы.*

Диффузионный сок из сборника диффузионного сока насосами через подогреватель подается в первую секцию преддефекатора. Процесс предварительной дефекации осуществляется путем ввода через коллектор суспензии сока I сатурации или нефильтрованного сока I сатурации и всей суспензии сока II сатурации во вторую-четвертую секции преддефекатора и ввода известкового молока в последнюю секцию преддефекатора. Количество вводимого через расходомер известкового молока составляет 0,25% CaO к массе свеклы. Количество нефильтрованного сока I сатурации составляет от 25 до 40% к массе свеклы и определяется, исходя из баланса общего содержания извести и щелочности на выходе из преддефекатора. Оптимальная температура сока в преддефекаторе составляет 51-55 °С. pH преддефекованного сока плавно увеличивается по секциям - от 7,1 в первой секции до 10,8-11,2 в последней и контролируется

pH-метром

Уточнение значений pH и щелочности преддефекованного сока на выходе из аппарата осуществляют по степени удаления белковых веществ и анионов кислот [9, 13], а также седиментационно-фильтрационных свойств сока [11, 12, 17].

В переливной ящик преддефекатора подведена коммуникация ввода известкового молока на основную дефекацию в количестве 1,5-1,9 CaO % к массе свеклы, что соответствует щелочности 0,8-1,2%CaO при титровании сока в присутствии индикатора раствора фенолфталеина.

Смесь преддефекованного сока и известкового молока в смесителе тщательно перемешивается и подается в аппарат первой ступени основной дефе-

кации. Уровень сока в аппарате зависит от качества перерабатываемой свеклы. Длительность нахождения сока в аппарате составляет от 10 до 15 мин.

За период проведения испытаний перерабатывалась свекла среднего и хорошего качества с чистотой 86-88%, что дало возможность сократить количество общего возврата на преддефекатор до 14%, при этом иметь хорошие седиментационно-фильтрационные показатели качества соков. Средняя скорость осаждения преддефекованного сока за испытуемый период составила для преддефекованного сока 4,5 см/мин, количество осадка 22%; сока I сатурации соответственно - 5,3 см/мин. и 14%.

После включения в схему очистки возврата суспензии сока II сатурации и суспензии сока

I сатурации на преддефекацию был снижен расход известкового молока и соответственно известнякового камня, при этом не было проблем с эксплуатацией фильтрационного оборудования. По данным технологических журналов расход известнякового камня на очистку диффузионного сока в этот период составил 3,69% к массе свеклы.

Во время пуска нового оборудования был установленный такой технологический регламент: подщелачивание диффузионного сока осуществлять нормально отсатурированным соком I сатурации. Главным технологом были выставлены подвижные перегородки таким образом, чтобы количество сока, который возвращается из последующей секции в предыдущую, обеспечивало постепенное наращивание щелочности сока по секци-

Таблица 1

**Основные технологические показатели работы аппарата прогрессивной предварительной дефекации**

| Дата проведения анализа | Щелочность сока, % CaO | Общее содержание извести сока, %CaO | Скорость осаднения, S <sub>5</sub> , см | Количество возврата сока I сатурации, % к массе сока | Температура сока, °С | pH по секциям преддефекатора |     |     |     |      |      |      |
|-------------------------|------------------------|-------------------------------------|---|--|----------------------|------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|
|                         |                        |                                     |   |  |                      | 1                            | 2   | 3   | 4   | 5    | 6    | 7    |
| 12.10.2012              | 0,19                   | 1,30                                | 22                                      | 49   | 52                   | 8,4                          | 8,9 | 9,4 | 9,6 | 10,2 | 10,7 | 11,1 |
| 13.10.2012              | 0,185                  | 1,25                                | 20                                      | 48   | 49                   | 8,9                          | 9,3 | 9,5 | 9,8 | 10,5 | 11,0 | 11,6 |
| 14.10.2012              | 0,19                   | 1,25                                | 23                                      | 45   | 51                   | 8,4                          | 8,7 | 9,0 | 9,3 | 10,2 | 10,8 | 11,3 |
| <b>Среднее значение</b> | 0,188                  | 1,27                                | 22                                      | 47   | 51                   | 8,6                          | 9,0 | 9,3 | 9,6 | 10,3 | 10,8 | 11,3 |

Таблица 2

**Содержание общей извести, щелочности и pH по секциям аппарата предварительной дефекации**

| Технологические показатели сока предварительной дефекации | Секции аппарата прогрессивной предварительной дефекации |       |       |       |       |       |       |
|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|   | 1   | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| Щелочность (по индикатору фенолфталеин), %CaO             | 0,01  | 0,027 | 0,038 | 0,045 | 0,058 | 0,095 | 0,132 |
| Общее содержание извести (по смешанному индикатору), %CaO | 0,15  | 0,65  | 0,68  | 0,70  | 0,73  | 0,90  | 0,98  |
| pH  | 8,66  | 9,20  | 9,40  | 9,60  | 10,0  | 10,7  | 11,1  |

## ПЕРЕДОВОЙ ОПЫТ

ям аппарата предварительной дефекации. Для обеспечения нарастания щелочности и общего содержания извести сока, согласно установленному технологическому регламенту, в 1 и 3 секции подавался нефильтрованный сок I сатурации в количестве до 40% к массе сока, а в 7 секцию – известковое молоко в количестве 0,3% к массе свеклы. Осадок после осаждения имел среднезернистую структуру, отстой светло-коричневого цвета с примесями мути. В этот период сок I сатурации хорошо отстаивался в отстойниках.

После окончания пусковой наладки было рекомендовано заменить режим подщелачивания возвратом нефильтрованного сока I сатурации на режим подщелачивания диффузионного сока суспензией сока I сатурации, учитывая, что чистота диффузионного сока составляла 88–90%. По новому технологическому режиму в аппарат предварительной дефекации в качестве возврата в 1 и 3 секции аппарата ввели суспензию сока I сатурации в количестве 10% к массе диффузионного сока. При этом объемы щелочных возвратов сократилась почти в четыре раза.

При таком подщелачивании диффузионного сока щелочность сока предварительной дефекации по индикатору фенолфталеин составляла 0,13–0,135% CaO, содержание общей извести сока (по смешанному индикатору) – 0,75–0,90% CaO, температура преддефекованого сока – 50–52 °С, pH сока в последней секции – 11,0–11,3. Скорость осаждения при таком режиме была 19–20 см за 5 минут, осадок имел крупнозернистую структуру, а отстой светло-коричневого цвета с незначительным содержанием мути, объем осадка за 25 минут составлял 20–21% (**таблица 1**). Значение pH и щелочности сока по секциям аппарата приведено в **таблице 2**.

Расход извести на очистку диффузионного сока составил

**1,92%** к массы свеклы или **87%** к массе несахаров диффузного сока, эффект очистки диффузного сока – **35,7%**.

В среднем за производственный сезон на заводе были получены следующие технологические показатели:

Диффузионный сок: СВ=14,2%;  $C_x=12,33\%$ ;  $C_x=1,87\%$ ; Чистота – 86,8% Сок II сатурации: СВ=13,2%;  $C_x=12,06\%$ ; Чистота – 91,4%. Расход извести на технологию составил 2,21% CaO к массе свеклы; расход известняка – 4,39% к массе свеклы, эффект очистки составил – 38,1%.

В основном технологический режим работы аппарата предварительной дефекации следующий:

Щелочность – 0,12–0,15% CaO; содержание общей извести – от 0,7 до 1,2% CaO;  $S_5=$  от 18 до 25 см за 5 мин; объем осадка – от 14 до 18%.

Нормальную работу аппарата предварительной дефекации по структурированию осадка подтверждает также тот факт, что для обессахаривания осадка на производственную мощность 9200 тонн переработки свеклы в сутки работало 2 камерно-мембранных фильтр-пресса ХАЗГ-210/1500-У.

### Обобщая все изложенное выше, можно сделать выводы:

1. Оборудование, установленное на I этапе технического перевооружения станции дефекации, полностью отвечает поставленным требованиям - обеспечивает мощность завода 10000 тонн переработки свеклы в сутки, простое в эксплуатации, дает возможность использовать многовариантность схем щелочных возвратов для подщелачивания диффузного сока, что особенно важно для переработки сырья разного качества.

2. Использование суспензии сока I сатурации для щелочного возврата в аппарат предварительной дефекации дало возможность в 4 раза со-

кратить объемы возвратов, не ухудшая седиментационно-фильтрационных показателей сока.

3. Использование суспензии дает возможность уменьшить расход извести и соответственно известнякового камня и угля при рациональной работе известняково-обжигательных печей.

4. Технологической службой завода освоена работа установленного оборудования, технологический режим устанавливается и контролируется в соответствии с качеством перерабатываемой свеклы.

5. Установленное оборудование дает возможность на мощность 9200 тонн переработки свеклы в сутки использовать для обессахаривания осадка лишь 2 пресс-фильтра по 210 м<sup>2</sup> площади фильтрования каждый, тогда как в прошлые производственные сезоны работало не меньше 3–4 единиц этого оборудования.

### Список использованных источников

1. Бобровник Л.Д. Физико-химические основы очистки в сахарном производстве К. : Вища школа. 1994. - 251 с.
2. Бугаенко И.Ф. Принципы эффективного сахарного производства. М. 2003. - С. 86.
3. Жаринов Н.И. и др. Прогрессивные преддефекаторы в типовой схеме очистки сока // Сахарная свекла: производство и переработка. 1989. - №5. - С. 44–46.
4. Инструкция по ведению технологического процесса свеклосахарного производства К. : ВНИИСП, 1985 - 372 с.
5. Кухар В.Н. Технологические показатели работы реконструируемых станций очистки диффузионного сока сахарных заводов Кубани ОАО «Сахарный завод «Ленинградский» и ОАО «Викор» / В.Н. Кухар, Л.Г. Рогач, О.Н. Сластененко, М.С. Козло, С.Д. Данилюк, Л.И. Чернявская // Материалы Всероссийской научно-практической конферен-

ции «Приоритетные направления развития отечественного свекло-сахарного производства». - 2012. - Краснодар. - С. 29-33.

6. *Кухар В.Н.* Реконструкция сахарного завода: повышение производительности, снижение расхода топлива / В.Н.Кухар, Л.И.Чернявская // Сахар, 2011, №7, С. 58-63.

7. *Кухар В.М.* Технічне переоснащення станції дефекосатураційного очищення дифузійного соку Бабино-Томахівського цукрового заводу та технологічні показники її роботи / В.М. Кухар, О.М. Крутибич, І.Р. Урумова та ін.. // Цукор України, 2012, 5(77), С. 16-25.

8. *Madsen R.F.* Das danische Saftreinigungssystem // Zuckerindustrie .- 1988.- N1. – s.33-37.

9. *Matusch S.* Aspekte zur apparativen Ausrüstung der Saftreinigung // Zuckerindustrie .- 1988.- N1. – s.27-29.

10. *Посохов В.М.* Предварительная и основная дефекация: усовершенствование процессов/ В.М. Посохов, А.Л. Шрамко, Т.В. Димакова и др. // Сахар. - 2009. - №2. - С. 61-65.

11. *Рева Л.П., Симахина Г.А.* Быстрый метод количественного определения белков в соках сахарного производства / Сахарная промышленность, 1978, №1, С. 12-16.

12. *Рева Л.П.* Оптимизация прогрессивной противоточной преддефекации диффузионного сока / Л.П. Рева, О.О. Петруша, А.М. Литвин // Сахар. - 2012. - №6.- С. 37.

13. *Рева Л.П.* Фізико-хімічні основи технологічних процесів очищення дифузійного соку у виробництві цукру. Монографія / К. : НУХТ. - 2012.

14. *Reinefeld E., Miede D.* Beobachtungen und Untersuchungen zum Saftreinigungsprozess. // Zuckerindustrie .- 1988.- N1. – s.15-20.

15. *Силин П.М.* Технология сахара. М. : Пищевая промышленность 1967, 624 с.

16. *Симак В.И.* Гайсинский сахарный завод: реконструкция сокоочистительного отделения / В.И.Симак, С.И Гончаров, Л.Г. Рогач, В.Н. Кухар, Ю.С. Гранковский Л.И Чернявская // Сахар.- 2008.- №4, С. 48-51.

17. *Технологічний процес виробництва цукру із цукрових буряків.* Правила усталеної практики ПУП 15.83-37-106:2007. –К.:Цукор України.-2007.-420 с.

18. *Van der Poel P.W.* Sugar Technology. Beet and Cane Sugar Manufacture / P.W. van der Poel, H. Schiweck, T. Schwartz // Verlag Dr. Bartens KG. Berlin. 1998, pp. 479-563.

19. *Хелемский М.З.* Хранение сахарной свеклы // М. : Пищевая промышленность.- 1964.- С. 63-67.