



НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ  
РУП «НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
БЕЛАРУСИ ПО ПРОДОВОЛЬСТВУ»

**ПРИЧИНЫ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТКЛОНЕНИЙ  
В САХАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ,  
МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ**

*Под общей редакцией З. В. Ловкиса*

Минск  
«ИВЦ Минфина»  
2016

УДК 664.12  
БКК 36.84  
П77

Авторы:

Заслуженный деятель науки Республики Беларусь, член-корреспондент НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор *З.В. Ловкис; Т.И. Турбан;* кандидат технических наук *Н.Н. Петюшев; С.В. Мельничек; О.К. Никулина; Е.И. Трефилова, В.В. Кулаковский*

Рецензент:

кандидат экономических наук, доцент *А.В. Мелещя*

**Причины** технологических отклонений в сахарном производстве, методы их устранения / З. В. Ловкис [и др.]; под общ. ред. З. В. Ловкиса. — Минск : ИВЦ Минфина, 2016. — 168 с.

ISBN 978-985-7133-83-3.

В книге рассмотрены отклонения в работе на технологических стадиях сахарного производства и приведены рекомендации по их устранению.

Издание предназначено для научно-технических работников и специалистов, занимающихся вопросами сахарного производства.

**УДК 664.12**  
**БКК 36.84**

ISBN 978-985-7133-83-3.

©РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», 2016

## ВВЕДЕНИЕ

Сахарная промышленность является важной экономической отраслью и обладает мощной производственно-технической базой. Улучшение использования производственных мощностей сахарных заводов является одним из основных резервов роста эффективности сахарного производства.

Равномерная, ритмичная работа завода в течение всего производственного сезона – один из путей повышения использования производственных мощностей сахарных заводов. Для обеспечения ритмичной работы сахарного завода необходимо знать возможные отклонения в технологическом процессе, уметь предупреждать их возникновение и при возникновении оперативно устранять.

Хотя потребность в поиске и устранении технологических отклонений на современных свеклосахарных заводах с высоким уровнем контроля встречается все реже, не следует забывать, что многие технологические параметры и заданные значения связаны с основными химическими процессами. Правильное понимание и осознание научных основ процессов сахарного производства бесценно для обеспечения и поддержки как существующих, так и перспективных способов работы на заводах.

Обычно внешние факторы, такие как, например, резкое изменение качества свеклы или работа в неоптимальном режиме на предыдущих стадиях, создают трудности в технологическом процессе. Эти проблемы можно решить, используя опыт, полученный в прошлом в аналогичной ситуации, или найти и устранить отклонения в новой ситуации.

Поэтому очень важно сохранять и передавать практические знания процессов, вовремя устанавливать причинно-следственную связь между основными параметрами и технологией сахара.

Книга составлена с учетом произошедших изменений за последние годы и достижений в сахарной промышленности.

## Глава 1

**САХАРНАЯ СВЕКЛА – ОСНОВНОЕ  
СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА САХАРА**

Эффективность работы сахарных заводов в значительной степени зависит от технологического качества перерабатываемой сахарной свеклы. Понятие «технологическое качество свеклы» включает в себя совокупность биологических, механических и технологических свойств корнеплодов сахарной свеклы.

К биологическим свойствам относят массу корнеплода, его форму и окраску, устойчивость к болезням и вредителям, способность к хранению и тд.

Механические свойства сахарной свеклы влияют на процессы уборки, транспортировки и ее хранения.

Технологическое качество сахарной свеклы — главная составляющая рентабельности производства сахара. К основным технологическим свойствам относят сахаристость, содержание калия и натрия,  $\alpha$ -аминного азота, чистоту свекловичного и диффузионного соков, МБ-фактор.

Сегодня в основе методики оценки качества сырья при приемке на переработку лежит принцип «максимум-минимум», означающий, что такие показатели свеклы как урожайность, сахаристость должны иметь максимальное значение; содержание калия, натрия — оптимальное; а содержание золы,  $\alpha$ -аминного азота, редуцирующих веществ, величина МБ-фактора — минимальное значение.

Главным критерием для оценки экономической эффективности сахарного производства считается выход кристаллического сахара из каждой тонны переработанной свеклы. Выход сахара зависит от технологического качества сырья. Сегодня мы можем оперативно получать показатели химического состава корнеплодов и основные технологические показатели их переработки.

Важнейшим показателем работы производителей сахарной свеклы является сбор сахара с 1 га пашни. Эта величина зависит от урожайности и технологического качества сахарной свеклы.

На урожайность и технологическое качество сахарной свеклы влияют многие факторы: условия возделывания, количество вносимых удобрений, продолжительность вегетационного периода, уборка и последующее хранение. Для защиты посевов свеклы от сорняков вредителей и болезней применяют комплекс агротехнических приемов, химические способы обработки. Без химизации в защите растений сахарной свеклы за короткое время урожайность свеклы снижается на 40—50 %.

Значения этих факторов и учет их при возделывании сахарной свеклы — одно из важнейших условий получения высокого урожая корнеплодов сахарной свеклы и их хорошего технологического качества.

При наличии тепла и влаги сахарная свекла растет в течение всего вегетационного периода.

Сахарную свеклу оценивают не только по сахаристости при приемке, но и по ее технологическим качествам. Под качеством сахарной свеклы подразумевают комплекс свойств и признаков, который охватывает, кроме сахаристости и содержания несахаров, все морфологические, физические и химические свойства, влияющие на выход сахара и процесс производства. Технологические качества свеклы зависят от селекционной работы, соблюдения технологии выращивания, сбалансированного и своевременного внесения удобрений, погодно-климатических условий, густоты насаждений растений.

**1.1. Сроки сева и уборки корнеплодов  
сахарной свеклы**

По данным исследований, выполненных в Германии, влияния отдельных факторов на сбор сахара с 1 га следует, что из всех факторов, влияющих на сбор сахара с гектара, примерно 50 % определяют место выращивания и климатические условия.

Обильные осадки в июне, июле и августе обеспечивают пышное развитие свеклы, а сухая осень (сентябрь, октябрь) гарантирует хорошее качество ее (высокий процент сахара и высокую чистоту). Если же последний осенний период дождливый, то урожай может быть высоким, но сахаристость свеклы и чистота сока меньше.

В засушливую погоду в свекле накапливается большое количество

вредного азота и уменьшается чистота сока. Количество вредного азота может изменяться в 2—3 раза в зависимости от условий вегетации. Масса корнеплодов свеклы, выросшей в засушливое лето, меньше, а процентное содержание сахарозы в ней повышается.

При обилии осадков в период вегетации в свекле обычно содержится больше углекислой золы. Отношение содержания органических несугаров к содержанию золы в свекле для влажного лета будет меньше, а для сухого — больше.

Основные 3 причины, оказывающие существенное влияние на урожайность и технологическое качество сахарной свеклы:

- опоздание со сроком сева семян сахарной свеклы на 1 день приводит к снижению сбора сахара на 1 % (0,8—1,3 %);
- снижение всхожести семян;
- неравномерность прорастания семян.

Следует учитывать, что со снижением температуры до (+5 °С) – (+1,6 °С) увеличение массы корнеплода сахарной свеклы и сахара настолько малы, что начинают преобладать процессы, связанные с дыханием. Продолжение вегетационного периода за счет более ранних сроков сева сахарной свеклы — важнейшее условие повышения урожайности.

На формирование урожая также влияет качество подготовки семян и качество сева, потому что от этого зависит густота насаждений растений сахарной свеклы и дружность их роста.

При уборке сахарной свеклы, с точки зрения выхода сахара с 1 га, сначала нужно убирать участки с низкой урожайностью, т. к. в конце вегетации на них будет самый низкий прирост массы корнеплодов.

Показателем качества, характеризующим технологическую спелость сахарной свеклы, в том числе и вынужденную (под влиянием неблагоприятных климатических условий выращивания, а также при заболеваниях, когда происходит ускоренное отмирание листьев и растения вынуждены приостанавливать рост и сахаронакопление), является коэффициент спелости свеклы.

Коэффициент спелости показывает степень приближения уровня осмотического давления свекловичного сока в растении к показателю осмотического давления свекловичного сока корнеплода в момент, когда растение достигает полной физиологической спелости.

Расчет коэффициента спелости производится с учетом сахаристости

свеклы, МБ-фактора, масс ботвы и корнеплода. Если растение заканчивает период вегетации естественным отмиранием листьев, спелые корнеплоды достигают минимальных значений МБ-фактора и максимально возможного выхода сахара.

Когда значение коэффициента физиологической спелости становится 5,5 и менее, корнеплоды подлежат уборке независимо от достигнутого уровня технологической спелости во избежание повторного роста листьев, снижения сахаристости и общего снижения технологического качества корнеплодов.

Практика показала, что если листовой аппарат растений сахарной свеклы целиком или частично прекращает функционировать после грибкового поражения (церкоспороз или мучнистая роса) или заморозков, уборку корнеплодов следует провести до формирования новых листьев. В противном случае произойдет прекращение увеличения массы корнеплодов и снижение их сахаристости, т.к. жизнедеятельность листового аппарата может осуществляться исключительно за счет запасов энергии, находящихся в корнеплоде.

Ограниченный период благоприятных погодных условий вынуждает начинать уборку урожая сахарной свеклы обычно в сентябре и заканчивать в середине ноября. При этом эффективность производства сахара снижается из-за того, что в переработку в начале производственного сезона зачастую поступает сахарная свекла ранних сроков уборки, а, следовательно, ухудшенного качества. Избежать этого можно лишь в том случае, если внедрять в производство сорта и гибриды, отличающиеся ранней технологической спелостью и высоким технологическим качеством.

Следует помнить, что при оптимальных условиях механизированной уборки сахарной свеклы величина потерь неизбежно составляет 5 %. При неблагоприятных условиях поздней осенью (после выпадения осадков) эти потери могут достигать 20 %. Потери при уборке возникают из-за недоподбора корнеплодов (поверхностные потери), из-за недокопки корнеплодов и обламывания их хвостиков (подземные потери). Потери имеют место и при слишком низком срезе ботвы. Оптимальная срезка ботвы — 1 см под самыми нижними черешками листьев.

## 1.2. Внесение удобрений

Важным фактором, на который необходимо обращать особое внимание, является величина рН почвы, оптимальное значение которой должно быть близким к нейтральному. Научно обосновано, что закисление почвы отрицательно влияет на состояние биологической спелости сахарной свеклы, отодвигая ее на более поздний срок, тем самым приводя к недобору сахарозы в процессе роста свеклы.

Для получения высоких урожаев свеклы хорошего технологического качества важен баланс используемых необходимых микро- и макроэлементов для ее питания. Недостаток питательных веществ в почве при возделывании сахарной свеклы приводит к снижению ее урожайности. Внесение же **излишнего** количества минеральных удобрений приводит к ухудшению технологических качеств корнеплодов сахарной свеклы, снижению устойчивости их при хранении и уменьшению выхода сахара.

Сахарная свекла при урожайности 50 т/га потребляет из почвы 257 кг азота, 252 кг калия, 96 кг натрия и 35 кг фосфора.

*Азот.* Недостаток азота приводит к снижению урожайности сахарной свеклы. Избыток азота приводит к ухудшению технологического качества свеклы. В этом случае происходит усиленный рост листового аппарата, снижение сахаристости корнеплодов свеклы, повышение в них содержания азотистых веществ, в частности вредного  $\alpha$ -аминного азота, в результате чего снижается выход сахара с 1 га. Такая свекла более подвержена поражению заболеваниями, вызываемыми различными микроорганизмами.

*Калий, натрий.* Влияют на урожайность свеклы и содержание сахарозы в ней. При оптимальном содержании калия в почве наблюдается снижение содержания в корнеплодах свеклы вредного азота, они меньше подвержены заболеваниям, лучше переносят засуху. Оптимальное содержание калия и натрия обеспечивает производство свеклы высокого технологического качества с положительной натуральной щелочностью, что способствует повышению выхода сахара с 1 га.

*Фосфор.* Содержание фосфора в почве ниже 30 мг/кг приводит к снижению урожайности. Оптимальное его содержание обеспечивает хорошее технологическое качество корнеплодов сахарной свеклы, нормаль-

ное созревание их.

*Бор.* Является микроэлементом для свеклы. Его недостаток может привести к снижению урожайности на 30 %, поражению корнеплодов гнилью. Его недостаток в растениях сахарной свеклы может быть связан с засушливой погодой и (или) высокой величиной рН почвы.

*Марганец.* Является микроэлементом для свеклы. Его недостаток может привести к снижению урожайности на 30 %. Недостаток марганца может быть связан с засушливой погодой и (или) с рН почвы выше 6,5. Оптимальное содержание его в растениях свеклы на тяжелых почвах с рН 6,0. На кислых почвах (рН 5,0) наблюдается окисление марганца, о чем свидетельствует окраска листьев в светло-зеленый цвет.

В табл. 1 приведена потребность в питательных веществах в зависимости от урожайности сахарной свеклы.

Таблица 1. Потребность в питательных веществах в кг/га в зависимости от урожайности свеклы

Ожидаемый урожай т/га	Азот (N)	Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Калий (K <sub>2</sub> O)
40	110–160	120–160	320–360
50	120–180	140–180	360–340
60	150–200	160–200	380–420
70	180–220	200–220	400–440

Для получения высоких урожаев сахарной свеклы необходим комплексный подход. Все элементы технологии выращивания свеклы должны применяться с учетом конкретных почвенно-климатических и экономических условий данного региона, хозяйства, поля. Это — правильная обработка почвы, эффективное применение удобрений, точный высеv дражированных однострочковых семян и формирование оптимальной густоты посевов, а также своевременная борьба с болезнями и вредителями, с сорняками с помощью современных гербицидов, уборка свеклы с наименьшими затратами и потерями.

Важным мероприятием для повышения урожайности, сахаристости и технологичности сахарной свеклы является посев на оптимальную конечную густоту. Оптимальная густота растений обеспечивает пониженную травмированность корнеплодов при уборке и более низкие (на

10—30 %) потери массы свеклы при уборке, оказывает влияние на химический состав корнеплодов. При заниженной густоте, например, наблюдается повышенное содержание щелочных элементов, что приводит к повышению сахара в мелассе. Наилучшие результаты (оптимальное значение содержания щелочных элементов) достигаются при густоте насаждений 95–110 тыс. штук растений на 1 гектар поля.

### 1.3. Механические примеси в сахарной свекле

Механизированный способ уборки сахарной свеклы оказывает влияние на степень повреждения корнеплодов и содержание примесей.

#### А. Свободная земля и камни.

Причины повышенной загрязненности свеклы:

- неквалифицированная работа при погрузке свеклы на поле;
- высокое содержание примесей в убранной свекле, которые отделяются при транспортировке.

#### В. Прилипшие к корнеплодам примеси.

К ним относятся минеральные примеси, которые остаются на корнеплоде. На их количество влияют:

- неблагоприятные климатические условия в период уборки сахарной свеклы;
- вид почвы (свекла, выращенная на тяжелых почвах, содержит больше примесей);
- неудовлетворительная работа свеклоуборочных агрегатов.

#### С. Органические примеси растительного происхождения.

К ним относятся цветущие корнеплоды, корнеплоды массой меньше 100 г, кормовая свекла, обломки сахарной свеклы, ботва, сорняки, солома и др. Обломками сахарной свеклы считаются части корнеплода массой меньше 200 г, полученные в результате его механического повреждения.

Основные причины наличия органических примесей растительного происхождения в свекле следующие:

- увеличение количества цветущих корнеплодов в период всхожести семян сахарной свеклы из-за климатических условий;
- климатические условия в период вегетации, качество проведения

полевых работ и дружность всходов растений сахарной свеклы, с чем связано, присутствие обломков корнеплодов сахарной свеклы массой меньше 100 г;

- неудовлетворительная работа свеклоуборочной техники, чем в основном обусловлено присутствие ботвы и обломков корнеплодов сахарной свеклы;
- наличие соломы, органических остатков предыдущего урожая, что обычно связано с невыполнением предпосевных агротехнических мероприятий на данном поле;
- наличие сорняков, что связано с недостаточно эффективным действием применяемых гербицидов, несоблюдением агротехнических мероприятий.

Присутствие органических примесей затрудняет переработку свеклы. Необходимо проводить контроль плантаций перед уборкой свеклы и удалять с поля сорняки и цветущие корнеплоды. Если сорняки перед уборкой не были удалены, свеклу с таких полей не рекомендуется перерабатывать сразу, т.к. сорняки и другие примеси легче удалить после их высыхания.

### 1.4. Свойства корнеплодов сахарной свеклы

Корнеплоды сахарной свеклы должны быть здоровыми, массой не менее 100 г, не подмороженными, с ровным срезом головки. Здоровыми считаются корнеплоды, не имеющие механических повреждений, не поврежденные грызунами, не пораженные болезнями, не потерявшие тургора. Ткань корнеплода должна быть твердой, белой, ломкой, не волокнистой, не загнившей.

Встречаются следующие нарушения:

*Плохо обрезана головка корнеплода.* Одним из резервов дополнительного получения сахара является использование рациональных технологических приемов при уборке и заготовке свеклы, которые обеспечили бы улучшение ее технологических качеств. Ухудшение технологического качества свеклы при уборке обусловлено, в основном, относительным увеличением доли несахаров из-за неправильной обрезки головок свекловичного корня, сохранение на ней большого количества зеленой массы в виде черешков и листьев, в которых находится примерно на

125 % больше натрия и органических кислот. Технологические качества свеклы, а также результаты ее хранения и переработки, существенным образом зависят от характера среза самой головки свекловичного корня. Степень среза головки при уборке свеклы влияет на сбор сахара с 1 га.

Следует помнить, что головка, являясь верхней частью корнеплода, содержит значительное количество несахаров. В верхней части головки содержится в 6 раз больше редуцирующих веществ и в 2 раза больше золы и азотистых веществ, чем в самом корнеплоде, а содержание сахарозы составляет всего 4—6 %.

Полученный из головок корнеплодов диффузионный сок ухудшает качество продуктов, затрудняет их очистку, фильтрацию, кристаллизацию сахарозы и требует значительно большего расхода производственных материалов и энергетических ресурсов. Удаление головки корнеплода приводит к повышению сахаристости, чистоты свекловичного сока, увеличению выхода сахара на 1,8 %. При этом сокращается расход извести на очистку сока. Правильная обрезка головки свеклы при уборке имеет большое значение как для сельского хозяйства, так и для сахарной промышленности, т.к. влияет на выход сахара с 1 га посева и технологические свойства сахарной свеклы.

Плохо обрезанная свекла — это корнеплоды с низко обрезанной, высоко обрезанной или совсем необрезанной головкой. При правильной обрезке поверхность среза должна быть гладкой и по возможности минимальной. При этом ткани в месте среза быстрее подсыхают («заживляются»), что препятствует проникновению инфекций.

Присутствие большого количества необрезанных и высоко обрезанных корнеплодов вызывает затруднение при гидравлической транспортировке свеклы и получении из нее свекловичной стружки. Низкая обрезка приводит к увеличению массовых потерь массы свеклы и сахара.

Причины неправильной обрезки корнеплодов:

- неудовлетворительная работа свеклоуборочных агрегатов;
- большое количество сорняков;
- плохое качество проведения весенних полевых работ, в частности проверки свеклы.

*Механическое повреждение свеклы.* На формирование технологических качеств сахарной свеклы и способность ее к хранению оказывают значительное влияние механические повреждения. Они возможны при

механизированных способах уборки, погрузочно-разгрузочных работах, при транспортировке, очистки от примесей и укладке корнеплодов на хранение. При механическом повреждении происходит разрушение клеточной ткани, что приводит к потере клеточного сока сахарной свеклы. Поврежденные корнеплоды больше подвержены инфекциям.

Причины повышения количества корнеплодов сахарной свеклы с механическим повреждением:

- несоблюдение правил агротехники (низкая плотность засева свеклы);
- неудовлетворительная работа свеклоуборочных агрегатов;
- увеличение числа операций погрузочно-разгрузочных работ.

*Повреждение корнеплодов сахарной свеклы грызунами, поражение болезнями, наличие подмороженных и загнивших корнеплодов.*

Причины загнивания корнеплодов:

- неправильное внесение удобрений, особенно больших количеств азотистых, недостаток бора;
- поражение болезнями и сильное механическое повреждение;
- климатические условия. Под действием холода (мороза) протоплазма теряет воду и клетка отмирает, а при оттаивании она чернеет и разлагается. Такая свекла должна быть направлена сразу в переработку.

Необходимо свеклу защищать от подмораживания и загнивания соблюдением агротехнических мероприятий, эффективной борьбой с вредителями и болезнями, снижением механических повреждений при уборке и погрузочно-разгрузочных работах, хранением свеклы в высоких кагатах с укрытым верхом при заморозках, применением современных укрывочных материалов.

*Неправильная форма корнеплода.* На форму корнеплода значительное влияние оказывают климатические условия в период вегетации. В засушливые периоды вырастают тонкие и длинные корнеплоды, при избытке поверхностной влаги — ветвистые корнеплоды. Ветвистые корнеплоды растут на каменистой, плохо возделанной почве. Ветвистость развивается при поражении свеклы вредителями и болезнями.

Применение повышенных доз азотистых удобрений ведет к тому, что часть корнеплода находится над поверхностью почвы и на нем вырастает много листьев. Неправильную форму могут иметь корнеплоды, поврежденные вредителями.

Нежелательны слишком крупные корни.

Бороздки, проходящие вдоль корнеплода, из которых растут корешки, отрицательно влияют на его качество. Чем они глубже, тем больше содержится в них земли, что ухудшает очистку корнеплода.

Причины неправильной формы корнеплодов следующие:

- качество обработки почвы;
- направленность селекции;
- климатические условия выращивания;
- густота насаждений;
- неправильное количество вносимых удобрений;
- недостаточная эффективность борьбы с вредителями и болезнями сахарной свеклы.

*Незрелая свекла.* К моменту уборки свекла часто не достигает своей технической зрелости. В ней содержится больше золы, в частности щелочей. В незрелой свекле содержится больше редуцирующих веществ, она имеет меньшую сахаристость. При ее переработке получают сок более низкого качества.

Ряд несугаров, таких, как аминокислоты и амиды, которые в результате биохимических процессов не были превращены в белки, в незрелой свекле остаются в растворенном виде. В зрелой свекле их содержится меньше.

Для характеристики технической спелости рекомендуется определение МБ-фактора, рассчитываемого с учетом ожидаемых (расчетных) содержания сахара в мелассе и выхода сахара.

$$\text{МБ-фактор} = \frac{200 \times \text{СХ}_m}{\text{В}_{\text{сах}}}, \quad (1)$$

где  $\text{СХ}_m$  — расчетное содержание сахарозы в мелассе, % к массе свеклы;  $\text{В}_{\text{сах}}$  — расчетный выход сахара, % к массе свеклы.

При значении МБ-факторе, равном 30 и ниже — свекла хорошего качества, при 31-40 — среднего, при 41 и выше — свекла низкого качества.

МБ-фактор очень чувствителен к таким показателям качества свеклы как цветущность, степень спелости, увядание, загнивание и т. д. МБ-фактор выше для урожайных сортов, незрелой свеклы, а также пораженной болезнями и вредителями. По мере созревания корнеплода

МБ-фактор снижается. При величине МБ-фактора до 27 единиц свекла считается технически зрелой.

Величина МБ-фактора свеклы, поступающей от различных производителей, значительно колеблется. Это вызвано следующими причинами:

- плохая обработка почвы;
- поздние сроки сева;
- ошибки при дозировке удобрений, в первую очередь внесение больших доз азотных, фосфорных и калийных удобрений;
- поздние всходы и поздняя проверка растений;
- поздняя листовая подкормка.

Следует отметить, что созревание свеклы наступает раньше или позже в зависимости от погодно-метеорологических условий, а также от густоты стояния растений. Так, при ясной и теплой осени свекла созревает скорее, чем при дождливом периоде с августа по сентябрь. Особенно может запоздать созревание, если в июле была сильная засуха, обусловившая отмирание листьев — вынужденная спелость, и если начавшиеся дожди вызвали вторичный рост с образованием новых листьев за счет уже отложившегося сахара.

Большая влажность почвы способствует несколько позднему созреванию свеклы. Запоздание созревания вызывают особенно азотные удобрения.

Сроки уборки сахарной свеклы должны определяться и согласовываться с поставщиками на основании величины МБ-фактора или сахаристости.

Зрелость сахарной свеклы можно устанавливать по отношению массы ботвы к массе корнеплода, Это отношение при созревании корнеплодов находится в пределах 0,7—0,8. Если эта величина выше, то свекла является незрелой.

## 1.5. Биологические показатели сахарной свеклы

Важнейшими биологическими показателями являются масса корнеплода и их количество на площади 1 га поля. Перемножением этих показателей можно получить ожидаемую величину урожайности сахар-



ной свеклы.

#### *А. Урожайность свеклы.*

Причины снижения урожайности следующие:

- ошибки при осенней и весенней обработке почвы, влияющие на густоту растений и равномерность их высадки;
- плохое качество проведения весенних полевых работ, прежде всего поздние сроки проверки и большая засоренность плантации;
- ошибки, связанные с внесением удобрений (их количество, соотношение, время внесения), прежде всего внесение высоких доз азотистых удобрений;
- недостаточно эффективная борьба с сорняками и вредителями;
- короткое время вегетации, связанное с поздними сроками сева и ранней уборкой;
- неблагоприятные климатические условия, прежде всего недостаток влаги;
- большие потери свекломассы при уборке.

Большинство указанных причин можно предупредить или устранить, строго и последовательно выполняя агротехнические мероприятия.

Большие резервы скрыты в организации процесса уборки сахарной свеклы (сроки и качество проведения работ).

#### *В. Густота посадки сахарной свеклы.*

Важным мероприятием для повышения урожайности и технологичности является планирование и осуществление при посеве оптимальной конечной густоты растений свеклы. Она должна быть на момент уборки урожая 90—110 тыс. шт. растений на гектар. При этом обеспечивается средняя масса корнеплода 500—750 г с более высоким содержанием сахарозы, сбалансированным технологическим составом по сравнению с корнеплодами массой 1 кг и более. При такой густоте растений обеспечивается понижение травмированности корнеплодов и более низкие потери массы свеклы при ее уборке.

## **1.6. Технологические показатели корнеплодов сахарной свеклы**

Под качеством сахарной свеклы понимается комплекс свойств и признаков, которые охватывают, кроме сахаристости и содержания несахара-

ров, все морфологические, физические и химические свойства, влияющие на выход сахара и процесс его производства на сахарном заводе.

Между биологическими, химическими и физическими особенностями существует определенная корреляционная связь, которая в конечном итоге отражается на основных показателях технологического качества свекловичного сырья. К ним относятся, кроме сахаристости корнеплодов, чистота очищенного сока, содержание сахара в мелассе, выход сахара и показатель технической спелости — МБ-фактор.

Для оценки технологического качества свеклы основополагающими являются показатели содержания в корнеплодах сахарозы, а также мелассообразующих несахаров, таких как калий, натрий и  $\alpha$ -аминный азот.

Содержание  $\alpha$ -аминного азота весьма отрицательно воздействует на количество выхода белого сахара из единицы сырья. На его присутствие в сахарной свекле влияют сорт, место выращивания, погодные условия, агротехника возделывания, особенно удобрения и общая загрязненность корнеплодов ботвой и землей после уборки.

Еще один важный показатель качества сахарной свеклы — коэффициент щелочности, определяющий соотношение содержания калия и натрия к  $\alpha$ -аминному азоту. Для нормальной свеклы он должен быть более 1,8.

Такой важный показатель, как натуральная щелочность зависит, главным образом, от состава свеклы. Формированию натуральной щелочности соков, получаемых из здоровой свеклы, способствует повышенное содержание оксалатов, фосфатов. В то же время повышенное содержание ионов кальция и магния, небелкового азота и редуцирующих веществ снижает ее до отрицательных значений.

Правильным подбором удобрений можно влиять на состав несахаров свеклы, а, следовательно, и на формирование натуральной щелочности.

Диапазон колебаний содержания сахарозы и несахаров в корнеплодах зависит от условий их выращивания, природных, агротехнических и хозяйственно-организационных мероприятий.

Сахарная свекла хорошего технологического качества — это свекла не дуплистая, не пораженная болезнями, технологически и биологически спелая. По химическому составу ее клеточный сок должен отличаться высоким содержанием сахарозы и чистотой, минимальным содержанием несахаров, редуцирующих и азотистых веществ, особенно «вредно-

го»  $\alpha$ -аминного азота.

Сахарная свекла хорошего качества **предполагает**:

- высокое содержание сахарозы в ней 17—19 %;
- уровень чистоты свекловичного сока 89—92 %;
- содержание редуцирующих веществ менее 0,1 % к массе свеклы;
- содержание  $\alpha$ -аминного азота в свекле не более 2 ммоль на 100 г

свеклы;

- оптимальное содержание калия может находиться в пределах 4,5—6,5 ммоль на 100 г свеклы, натрия — 0,4—0,7 ммоль на 100 г свеклы. Соотношение содержания калия к натрию должно быть (5—7) : 1. Их содержание должно обеспечить положительную натуральную щелочность свеклы. Излишнее содержание калия и натрия способствует повышению содержания сахара в мелассе и снижению выхода белого сахара;

- величина коэффициента щелочности составляет 2—4. Коэффициент щелочности обычно повышается при высоком содержании калия и натрия, а понижается — при высоком содержании  $\alpha$ -аминного азота;

- МБ-фактор должен быть менее 30.

При переработке такой свежесобранной свеклы ожидаемый выход сахара может составлять 14,3—16,5 % к массе свеклы, или 143—165 кг сахара из 1 т переработанной свеклы.

По данным УкрНИИСП, снижение сахаристости свеклы на 1 % **уменьшает** выход сахара на 1,9 %, расход сырья на выработку 1 т сахара при этом возрастает на 10—15 %. Например, при переработке 1 т свеклы с пониженной сахаристостью 15,5—16 %, повышенным до 2,6 ммольна 100 г свеклы содержанием  $\alpha$ -аминного азота, чистотой свекловичного сока 86,5 % можно получить только 115—123 кг сахара.

Рассмотрим причины ухудшения технологического качества сахарной свеклы.

*Низкая сахаристость.*

Причины снижения сахаристости:

- неблагоприятные климатические условия в августе, сентябре и октябре. В результате обильных дождей в этот период сахаристость сахарной свеклы может значительно снизиться;
- разница в сахаристости между отдельными сортами свеклы может составлять более 2 %;

- низкая густота насаждений;
- нарушение требований агротехники при проведении весенних и осенних полевых работ;
- ошибки при использовании удобрений, нарушение соотношения доз фосфорных и калийных удобрений к повышенным дозам азотных;
- поражение растений сахарной свеклы болезнями и вредителями;
- засоренность плантаций;
- сокращение вегетационного периода из-за ранней уборки свеклы;
- нарушения плана уборки, что приводит к увеличению количества уборной свеклы, хранящейся в неблагоприятных условиях, и дополнительным потерям сахарозы;
- сильное механическое повреждение корнеплодов при механизированной уборке, высокое содержание органических примесей, что приводит к увеличению массовых потерь при хранении.

Уборку и вывоз свеклы на сахарный завод следует производить планомерно, что позволяет сократить сроки ее хранения и за счет этого уменьшить потери сахара, увеличить период вегетации, а тем самым повысить содержание сахарозы и увеличить урожайность.

*Высокое содержание золы.*

Одним из основных критериев оценки качества свеклы является содержание золы.

В свекле содержание золы может составлять 0,39—1,5 % к ее массе, в зависимости от вида почвы и главным образом от климатических условий ее выращивания. С технологической точки зрения важным является содержание в почве калия, натрия и фосфатов, которые составляют основную часть золы.

Содержание калия и натрия должно обеспечить положительную натуральную щелочность свеклы. Излишнее содержание калия и натрия способствует повышению содержания сахара в мелассе и снижению выхода белого сахара. Причинами повышения содержания золы в свекле могут являться следующие факторы:

- короткий период вегетации свеклы, в основном из-за ранней уборки;
- большое количество осадков во второй половине вегетационного периода;
- поражение растений сахарной свеклы вредителями и болезнями;

- применение больших количеств азотных удобрений.

Повышенное содержание золы характерно для незрелой свеклы, с низкой сахаристостью. Такую свеклу следует убирать в более поздние сроки.

При обычном хранении корнеплодов содержание золы в них увеличивается на 8–12 %.

#### *Высокое содержание редуцирующих веществ.*

В свекле ухудшенного качества (подпорченной и хранившейся) содержание редуцирующих веществ повышено (более 0,1 % к массе свеклы) и может достигать нескольких процентов. Причинами высокого содержания редуцирующих веществ являются:

- климатические условия;
- условия и продолжительность хранения свеклы.

Содержание редуцирующих веществ в значительной степени зависит от качества закладываемой на хранение свеклы.

#### *Высокое содержание азотистых органических веществ.*

В сахарной свекле содержатся практически все аминокислоты, амиды и белки, обычно синтезируемые растениями. С технологической точки зрения особо важно количество  $\alpha$ -аминного азота (синее число), которое отрицательно влияет на технологический процесс, особенно на стадиях получения свекловичной стружки и очистки сока. Причины высокого содержания азотистых органических веществ:

- климатические условия (засуха);
- внесение в почву большого количества азота.

**Вывод.** Наиболее экономичными путями достижения высокого выхода сахара из сахарной свеклы считаются следующие факторы:

- выбор и использование районированных высокосахаристых и технологичных гибридов сахарной свеклы;
- внесение сбалансированных доз удобрений по элементам питания с учетом расчетной необходимости урожайности на основе анализа почв;
- соблюдение сроков внесения минеральных удобрений: калийных, фосфорных, азотных, а также микроудобрений. Особенно это касается срока внесения азотных и органических удобрений;
- раннее проведение весенних полевых работ, включая сев сахарной свеклы с целью продления вегетационного периода;
- оптимальная густота насаждений — 90—110 тыс. растений на 1 га,

так как она оказывает существенное влияние как на урожайность, так и на качество сахарной свеклы;

- эффективная борьба с сорняками, вредителями и болезнями, эффективное использование гербицидов и пестицидов;
- оптимальные сроки уборки корнеплодов сахарной свеклы;
- сокращение до минимума сроков хранения сахарной свеклы в кагатах;
- сокращение загрязненности корнеплодов;
- использование в качестве ценного известкового удобрения фильтратного осадка.

Для того чтобы влиять на технологические качества выращиваемой свеклы, их необходимо знать. Чем больше база аналитических данных, тем легче найти ответ на вопрос: что сделать, чтобы улучшить качество сырья и эффективность ее переработки.

При выявлении участков свеклы низкого технологического качества необходимо решать вопрос о ее быстрой переработке.

## Глава 2

### ПРИЕМКА И ХРАНЕНИЕ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Выращивание, уборка, хранение и переработка сахарной свеклы взаимосвязаны, и от качества выполнения каждого из этих этапов зависит конечный результат. Правильное определение сроков кампании (начало и конец производства сахара из свеклы) имеет большое значение для достижения высоких конечных результатов. Несомненно, лучше несколько раньше начинать переработку сахарной свеклы (в сентябре), чем работать в январе-феврале.

#### 2.1. Темпы приемки свеклы

Темпы приемки и переработки свеклы определяют среднюю продолжительность ее хранения, которая зависит от количества поступившей свеклы и производственной мощности сахарного завода.

При увеличении количества принимаемой свеклы при постоянной суточной ее переработке средняя продолжительность хранения будет увеличиваться. При увеличении суточного приема свеклы с 2 % от всего заготавливаемого количества до 5 % длительность хранения увеличится примерно на 15 дней, что приведет к снижению сахаристости и технологических качеств свеклы.

#### 2.2. Начало производственного сезона переработки свеклы

Правильное определение срока начала производственного сезона очень важно с экономической точки зрения. Для сахарных заводов, имеющих длительный производственный сезон, процессу приемки сахарной свеклы должно уделяться особое внимание.

Начало работы сахарного завода должно определяться наличием двухсуточного запаса свеклы. При большем запасе ее на сахарном заводе уве-

личивается среднее время хранения свеклы, и оно тем больше, чем больше этот запас. Так, при пятисуточном запасе свеклы на заводе средняя продолжительность хранения увеличивается на 3-е суток. Особенно это важно для заводов с длительным производственным сезоном.

Переработка свеклы ранних сроков созревания при работе сахарного завода «с колес» (без лишних ее запасов) в период с 5 по 15 сентября более выгодна, чем работа сахарного завода с 20 по 31 декабря.

Невыполнение плановой производительности приводит к увеличению длительности производственного сезона, сроков хранения свеклы, дополнительным потерям сахарозы.

#### 2.3. Жизнь свеклы при хранении

Сахарная свекла после уборки и очистки лишена листьев, поэтому прекращен процесс образования и накопления в ней сахарозы, однако в ней жизнь продолжается. Она проявляется в дыхании корнеплода, которое доставляет энергию, выделяет теплоту.

Дыхание — процесс сжигания сахарозы за счет кислорода воздуха. Как бы хорошо ни хранили свеклу, при хранении корнеплодов всегда расходуется сахар на дыхание. Интенсивность дыхания и потери сахара при нем зависят от температуры. При низких температурах потери меньше, при повышении температуры на 10 °С потери на дыхание увеличиваются почти в 2-2,5 раза.

В период хранения, кроме превращения сахарозы в углекислый газ (дыхание), идет превращение ее в некоторые несахара. Поэтому при хранении свеклы полная потеря сахарозы несколько больше того количества, которое использовалось на образование углекислого газа.

При анаэробном хранении свеклы (без доступа воздуха) количество выделяемого углекислого газа уменьшается вдвое, однако значительно увеличивается превращение сахарозы в несахара («интрамолекулярное дыхание»).

При благоприятных для развития микроорганизмов условиях (высокая температура и влажность, низкое качество свеклы, инфекции, подмороженные корнеплоды) потери сахарозы возрастают. А так же, за счет потери влаги уменьшается масса корнеплодов и наблюдается их подвяливание.

При хранении свеклы могут иметь место следующие нарушения.

### 2.3.1. Увеличение длительности периода хранения сахарной свеклы

Длительным называют хранение более 14 суток. При длительном хранении имеют место большие среднесуточные потери сахарозы.

Длительному хранению не подлежит:

- незрелая сахарная свекла;
- свекла с полей, где удобрения были внесены весной;
- свекла, пораженная церкоспорозом;
- свекла с сильными механическими повреждениями;
- свекла, убранная в сентябре;
- свекла дуплистая;
- подвяленная свекла.

При погрузке свеклы количество поврежденных корнеплодов увеличивается примерно на 6 %, а в отдельных случаях и на 10 %. В этой связи погрузочно-разгрузочные работы на сахарных заводах должны проводиться так, чтобы механическое повреждение корнеплодов было минимальным.

### 2.3.2. Высокие потери сахара при хранении

Причинами высоких потерь сахара при хранении сахарной свеклы могут стать:

- климатические условия в период вегетации, уборки и хранения. Наиболее высокие потери сахара возникающие при хранении свеклы, происходят при выращивании и хранении в засушливые годы;
- длительное хранение сильно загрязненной, с большим количеством механически поврежденных корнеплодов и незрелой сахарной свеклы;
- хранение свеклы в низких кагатах на придорожных складах;
- вредители и болезни.

Очень неблагоприятно влияют на хранение свеклы оставшиеся при комбайновой уборке черешки свеклы и часть не срезанной ботвы, т.к. они легко гнивают. Кроме того, они плохо влияют и на весь ход производства сахара, и на его выход. Необходимо бороться за более совер-

шенные методы комбайновой уборки. Нужно устанавливать комбайны на более низкий срез ботвы.

### 2.3.3. Болезни свеклы при хранении

Убранная свекла заражена различными микроорганизмами, в частности сапрофитами и паразитами, которые являются возбудителями болезней свеклы. К ним относятся микроорганизмы группы грибов (*Fungi imperfecti*), видов *Botrytis*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Phoma*, *Verticillium*, *Gliocladium*, *Mucor* и в меньшей степени сапрофитные бактерии и дрожжи.

Отдельные виды микроорганизмов отличаются способностью сильно разрушать клеточную ткань свеклы. Наиболее агрессивные – *Botrytis cinerea* Pers, *Penicillium expansum* (Link) Thom и *Fusarium betae* (Desm.) Sacc. Широко представлены сапрофитные виды *Cladosporium herbarium* (Pers.) Link, *Alternaria tenuis* Nees, различные виды *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichothecium*, *Gliocladium* и др.

Большинство этих микроорганизмов попадает в кагаты из почвы вместе со свеклой. В большей степени будут заражены микроорганизмами корнеплоды сахарной свеклы, ослабленные вследствие неправильного применения удобрений, поражения болезнями (например, фузариозом, сухой гнилью и тд.), вредителями (моль свекловичная, свекловичная нематода), механического повреждения и увядания.

В результате жизнедеятельности микроорганизмов повышается температура в кагате, в результате чего интенсифицируются процессы дыхания сахарной свеклы. Через некоторое время аэробное дыхание сменяется анаэробным, которое способствует дальнейшему повышению температуры в кагате и увеличению потерь сахарозы. При этом резко снижается качество свеклы и она становится непригодной к переработке.

К наиболее распространенным причинам болезни корнеплодов являются:

- подвяливание свеклы. С увеличением степени увядания корнеплода снижается устойчивость его к поражению болезнями при хранении;
- применение большого количества удобрений при выращивании свеклы и зараженность ее вирусными болезнями;

- пораженность свеклы. Такая свекла наиболее восприимчива к болезням.

В меньшей степени при хранении сахарной свеклы распространены бактериозы, вызываемые различными видами бактерий. Но, особо опасным является слизистый бактериоз, вызываемый бактериями *Ergwinia serbinowi* (*Potebnia*) Magron. Свекла, пораженная слизистым бактериозом, не годится к переработке.

Поражение корнеплодов сахарной свеклы микроорганизмами в значительной степени зависит от ее устойчивости к ним и скорости заживления поврежденных при уборке тканей.

Природная устойчивость клеточной ткани заключается в образовании механического и химического барьеров в местах ранений и поражений микроорганизмами. В местах порезов в течение 4—5 дней образуется слой опробковевших клеток. Интенсивность образования таких клеток выше в головке корнеплода, чем в хвостике.

В пораженных местах корнеплода одновременно с образованием новой ткани протекают также химические процессы, в результате которых при аэробном окислении гексоз образуются полифенолы, обладающие антимикозным действием. Полифенолы являются ядом для клеток паразитов и сахарной свеклы. Это приводит к так называемому некротическому эффекту, т.е. отмиранию клеток в местах ранений корнеплода. Степень некротизации влияет на устойчивость растения сахарной свеклы к болезням.

### 2.3.4. Порча сахарной свеклы при хранении

В сахарной свекле при хранении протекает ряд микробиологических и ферментативных процессов, которые отрицательно сказываются на ее качестве. Это в первую очередь приводит к повышению содержания редуцирующих веществ в свекле.

Причины порчи чаще всего становятся:

- незрелость свеклы;
- высокая загрязненность свеклы;
- климатические условия;
- высокая температура хранения;
- сильные механические повреждения;

- подмораживание свеклы с последующим ее оттаиванием;
- недостаточно эффективная обработка корнеплодов свеклы необходимыми препаратами.

При хранении свеклы важнейшее, решающее значение имеет забота о том, чтобы свекла закладывалась на хранение технически и биологически зрелая, в здоровом состоянии («золотой фонд») и благодаря этому обладала естественным иммунитетом. Никакие искусственные мероприятия против развития микроорганизмов не помогут, если свекла утратила естественную способность бороться с ними. Поэтому нужно предохранять корнеплоды от ранений. Неизбежные ранения при обрезке ботвы и корешка сравнительно быстро заживают, но боковые ранения, наносимые при небрежном отношении к свекле, заживают трудно и легко приводят к загниванию корнеплода. Не менее чем порезы и царапины, вредят свекле и ушибы. В ушибленных, помятых местах часть клеток отмирает, и там развиваются микроорганизмы.

При подмораживании свеклы клетки также погибают, в них свертывается протоплазма, разрываются стенки клеток. По этой причине подмороженная свекла при оттаивании является прекрасной средой для развития микроорганизмов и она немедленно загнивает.

Нельзя допускать также увядания свеклы. Влагу теряет главным образом лишь поверхностный слой клеток. Например, при общей потере влаги корнеплодом лишь 5 % массы свеклы из поверхностного слоя уходит почти 50 % влаги, что приводит к ослаблению иммунитета и даже к отмиранию поверхностных слоев клеток, на которых при этом пышно развивается плесень.

Наилучшая температура для развития плесени и бактерий на свекле 25—30°C. Чем температура ниже, тем медленнее развиваются микроорганизмы. Поэтому и следует хранить свеклу при возможно более низкой температуре (около 0 °C), но ни в коем случае не ниже 0 °C.

## 2.4. Защита свеклы при хранении

Вопрос хранения сахарной свеклы приобрел первостепенное значение для сахарных заводов республики, т.к. нагрузка сырья на каждый сахарный завод велика.

Суммарные потери сахара при хранении зависят от их среднесуточных потерь и длительности хранения корнеплодов сахарной свеклы.

Среднюю продолжительность хранения сахарной свеклы можно снизить путем улучшения организации работ на участке уборка — приемка — переработка. Среднесуточные потери сахара можно уменьшить путем укладки на хранение сахарной свеклы соответствующего качества («золотой фонд»), применяя естественное и искусственное вентилирование, химическую защиту корнеплодов сахарной свеклы, современные укрывочные материалы.

### 2.4.1. Причины низкой эффективности естественного вентилирования

Применение естественного вентилирования позволяет снизить среднесуточные потери сахара на 20—25 %, а в отдельных случаях и более. Эффективность естественного вентилирования считают низкой, если среднесуточные потери сахара при его наличии лишь на 20 % ниже, чем при его отсутствии.

Причины низкой эффективности естественного вентилирования:

- на хранение была уложена свекла низкого качества и сильно загрязненная;
- климатические условия при хранении — в период морозов необходимо закрывать доступ наружного воздуха в кагат;
- неправильный размер кагатов (ширина более 10 м, высота более 3 м);
- неправильная установка воздухопроводов.

Для повышения эффективности естественного вентилирования необходимо укладывать на хранение сахарную свеклу высокого качества, убранный после 20 октября, в кагаты установленных размеров, оборудованные воздухопроводами, обеспечивающими хорошее распределение и прохождение воздуха по всей массе свеклы.

### 2.4.2. Причины низкой эффективности активного вентилирования

При активном вентилировании среднесуточные потери сахара снижаются до 40—50 % и более. Расход воздуха при активном вентилировании составляет 30—50 м<sup>3</sup> на 1 т свеклы в час.

Причины низкой эффективности активного вентилирования (ниже 40%):

- на хранение была уложена свекла низкого качества и сильно загрязненная;
- хранение рано убранной свеклы (до 20 октября);
- неправильный размер кагатов (максимальная высота 6 м, максимальная ширина 30 м, длина не ограничена)
- неправильное расположение воздухопроводов. Расстояние между ними должно быть не более 7 м;
- применение активного вентилирования во время морозов (при температуре ниже —2°C);
- несоблюдение условий подачи воздуха. Разность температуры наружного воздуха и температуры в кагате должна быть не ниже 2 °C;
- низкий расход подаваемого воздуха (менее 30 м<sup>3</sup> на 1 т свеклы в час).

### 2.4.3. Причины низкой эффективности применения препаратов

Обработка корнеплодов сахарной свеклы при укладке их в кагат препаратами положительно влияет на хранение свеклы, в том числе и на сохранение ее технологических качеств.

Причины низкой эффективности применения препаратов:

- хранение свеклы низкого качества и сильно загрязненной;
- хранение рано убранной свеклы (до 20 октября);
- неправильно выбранная доза препарата (возможно, недостаточное его количество);
- неравномерное распыление препарата.

## Глава 3

# ПОДАЧА СВЕКЛЫ В ЗАВОД И ЕЕ МОЙКА

### 3.1. Химический состав сахарной свеклы

Выбор и обоснование технологических приемов переработки сахарной свеклы зависит от состава свеклы, в первую очередь от качественного и количественного состава нес сахаров. Химический состав сахарной свеклы влияет на выход и качество готовой продукции, оказывает существенное влияние на протекание отдельных технологических процессов.

Поведение отдельных компонентов в технологическом процессе сахарного производства различно и обусловлено их физико-химическими свойствами. Для оценки качества перерабатываемой свеклы и обоснования технологических параметров сахарного производства важно знать основные свойства отдельных компонентов, которые по-разному влияют на процесс получения сахара.

Рассмотрим свойства основных компонентов корнеплода сахарной свеклы и их поведение в технологическом процессе.

*Сахароза.* Сахароза — сложный дисахарид (соединение d-глюкозы и d-фруктозы), подвергающийся гидролизу в кислой и щелочной среде. Сахароза наиболее устойчива при РН 8,2. Вот почему нужно стараться (по возможности) вести технологический процесс при данном значении рН. При нормальной работе никогда не допускают значительной инверсии сахарозы.

Под влиянием кислот сахароза в водном растворе, присоединяя воду, распадается на глюкозу и фруктозу (инверсия сахарозы). Ион водорода кислоты при этом действует как катализатор. Реакция инверсии сахарозы необратима — глюкоза с фруктозой под влиянием кислоты обратно не соединяются.

Щелочи не разлагают и не осмоляют сахарозу. Щелочи с сахарозой дают сахараты — соединения типа алкоголятов.

Сахароза плавится при температуре 186—188 °С. причем разлагаться она начинает уже при более низкой температуре. Происходит «караме-

лизация» сахарозы — образование сложных, окрашенных в бурый цвет, горького вкуса ангидридов. Карамели получаются при нагревании сахарозы до температуры 170—190 °С.

Процесс разложения сахарозы при нагревании ее водных растворов имеет большое отрицательное значение в сахарном производстве. Разложение сахарозы при нагревании является реакцией автокаталитической, т.е. с образованием веществ, являющихся катализаторами, ускоряющими дальнейшее развитие основной реакции. При этом сахароза постепенно инвертируется, а получившийся инвертный сахар тоже разлагается и частично превращается в органические кислоты, которые как катализаторы все более и более ускоряют дальнейшую инверсию сахарозы, повышается окраска раствора и понижается рН.

Факторами, ускоряющими автогидролиз сахарозы, являются:

- увеличение времени и температуры нагревания;
- низкая начальная величина рН среды;
- наличие редуцирующих веществ в растворе;
- отсутствие буферных соединений.

Дрожжи сбраживают сахарозу в спирт и углекислоту. В растворах сахарозы легко развивается молочнокислое и маслянокислое брожение. На сахарных заводах, если допустить снижение оптимальной температуры, в соках быстро развивается лейконосток, и идет слизевое брожение, особенно в присутствии сквозняков.

*Пектиновые вещества.* Из сухих веществ в сахарной свекле после сахарозы больше всего содержится пектиновых веществ (около 2,5 % к массе свеклы). Они составляют примерно половину массы мякоти.

В химическом отношении они далеко не так инертны, как клетчатка, и поэтому играют значительную роль в сахарном производстве.

Часть пектиновых веществ, не растворяющаяся в 70 %-ном спирте, называется собственно пектином, он осаждается известью. Соли пектина называются пектинатами.

При нагревании с разбавленными кислотами, а еще гораздо быстрее при нагревании со щелочами (и с известью), пектин подвергается гидролизу, деэтерификации до образования полигалактуроновой кислоты, называемой пектовой кислотой. Соли пектовой кислоты — пектаты, с известью дают желатинозный, очень трудно отфильтровываемый осадок кальциевой соли.



Влияние пектина на процесс фильтрации тем сильнее, чем больше его содержится в соке.

Содержание пектина в соке зависит как от количества растворимого пектина, находящегося в свекле, так и количества образовавшегося в результате гидролиза протопектина при экстрагировании сахара из свекловичной стружки. При этом основное количество пектина в соке обусловлено гидролизом протопектина при экстракции сахарозы на диффузии.

Количество растворенного пектина, содержащегося в свекле, зависит от ее качества — незрелая и плохо хранившаяся свекла содержит больше пектина.

Увеличение же пектина в соке в процессе экстрагирования сахарозы из свекловичной стружки в результате гидролиза протопектина зависит от параметров процесса экстрагирования, важнейшими из которых являются температура, величина рН и продолжительность процесса.

Оптимальной величиной рН, при которой наблюдается **наименший** переход пектиновых веществ в сок, является рН 5,5—6,0.

Повышение температуры и длительности процесса увеличивает переход пектиновых веществ в сок.

*Азотсодержащие вещества.* К азотсодержащим соединениям относятся:

- белки,
- аминокислоты и их амиды,
- органические основания (бетаин).

В сахарном производстве различают белковый азот, азот аминокислот ( $\alpha$ -аминный азот) и азот амидов.

Белковый азот — безвредный азот, т.к. белки практически полностью удаляются в процессе очистки.

«Вредный азот» — это в основном аминокислоты. Чем выше содержание данного азота, тем хуже качество свеклы, меньше выход сахара.

Все аминокислоты и их кальциевые и натриевые соли (за исключением тирозина) хорошо растворимы в воде, поэтому под действием известки они не осаждаются. В процессе экстракции сахарозы из свекловичной стружки аминокислоты свеклы практически полностью переходят в диффузионный сок. В процессе очистки незначительная часть аминокислот адсорбируется на карбонате кальция, часть их вступает в реакцию с моносахарами (реакция Майяра) с образованием окрашенных соединений

меланоидинов. Большая же часть переходит в мелассу без изменений.

*Органические кислоты.* Они составляют примерно половину безазотистых органических кислот. Часть кислот, таких как щавелевая и лимонная, удаляется при очистке. Остальные кислоты образуют при очистке растворимые соли жесткости, которые откладываются в виде осадка (накипи) на греющей поверхности теплообменников, выпарной установки, вакуум-аппаратов. Образование накипи отрицательно влияет на производительность сахарного завода.

*Редуцирующие вещества.* Редуцирующие вещества — смесь глюкозы и фруктозы. В свекле хорошего качества содержится до 0,1 % редуцирующих веществ к ее массе. При ухудшении качества свеклы содержание редуцирующих веществ увеличивается.

*Редуцирующие вещества* в процессе очистки разлагаются с образованием окрашенных соединений (красящих веществ), что приводит к повышению цветности продуктов и ухудшению качества готовой продукции.

*Минеральные вещества (зола).* Это в основном катионы металлов. Основными компонентами золы сахарной свеклы являются калий и натрий. Они при очистке сока не удаляются и полностью переходят в мелассу, повышая содержание в ней сахарозы. Считается, что 1 часть данных катионов удерживает в мелассе 5 частей сахарозы.

Стоит отметить, что содержание в сахарной свекле калия и натрия в засушливые годы повышается.

*Красящие вещества свекловичного сока.* Корнеплоды сахарной свеклы белого цвета, следовательно, и находящийся в вакуолях клеток сок бесцветен. Но выжатый из измельченной свекловичной кашки сок уже окрашен в черный цвет. Свекловичная стружка также на воздухе постепенно окрашивается в желтый, красный, фиолетовый и, наконец, в черный цвет.

Появление темной окраски связано с окислением веществ (пирокатехин, тирозин, и, особенно, дигидроксифенилаланин), находящихся в соке свеклы. Окислительный процесс идет при содействии окисляющего фермента — оксидазы (тирозидазы), которая при повышении температуры выше 80 °С разрушается, после чего окисление кислородом воздуха прекращается и черная окраска не появляется.

Темноокрашенные вещества не растворены в соке, а лишь суспензированы. Эта суспензия прочна под защитным действием белков.

При коагуляции белков осаждаются и темноокрашенные вещества

сока.

На дефекации темноокрашенные вещества свекловичного сока в основном коагулируют и удаляются вместе с дефекосатурационным осадком.

### 3.2. Требования к тракту подачи и очистки свеклы

Для успешного проведения технологического процесса переработки свеклы после возделывания и уборки ее механизированными способами необходима полная очистка корнеплодов от посторонних примесей и загрязнений при укладке их в кагаты, а так же на тракте подачи свеклы в моечное отделение и в сахарный завод.

Качественная очистка свеклы от примесей и загрязнений позволит улучшить качество получаемой свекловичной стружки, что обеспечит проведение диффузионного процесса с более высокими производственно-технологическими показателями, сократит затраты рабочей силы, расход свеклорежущих ножей и инструмента на их восстановление.

Степень очищения свеклы от примесей определяют количеством балласта, поступающего вместе со свеклой на весы. Балласт может быть в виде связанной зеленой массы, свободной зеленой массы, сорняков не отмытой земли попадающей со свеклой.

Степень очистки свеклы на отдельных видах оборудования при условии ее ритмичной подачи должна быть не менее:

- на камнеловушке — от 98 % до 100 %;
- на соломоботволоушке — от 13 % до 18 %;
- на дисковом водоотделителе — от 82 % до 85 %;
- на ополаскивателе — 5 %;
- на свекломойке — от 45 % до 75 %.

Оборудование линии подачи свеклы и моечного отделения обязано обеспечить следующие показатели:

- очистка свеклы от легких и тяжелых примесей должна быть 100 %;
- остаточное количество земли в отмытых корнеплодах не должно превышать 0,03 % к массе свеклы;
- все сырье фракцией более 10 мм должно быть направлено в производство;

- для обеспечения качественной очистки транспортерно-моечной воды должно быть исключено попадание в нее мелких обломков корнеплодов сахарной свеклы, растительности (размером больше 3 мм).

Схема подачи свеклы в завод выполняет 3 функции:

- транспортная — подача свеклы из пунктов хранения в моечное отделение и далее на свеклорезки;
- технологическая — очистка свеклы от посторонних примесей (земли, песка, камней, легких примесей и др.);
- регулировочная — обеспечение равномерной и бесперебойной подачи свеклы для переработки.

При подаче свеклы в завод возникает целый ряд отклонений от нормы.

#### 3.2.1. Недостаточное количество подаваемой свеклы

Причинами недостаточного количества подаваемой свеклы в завод могут быть:

- *несоблюдение соотношения свекла — вода.* Это соотношение должно быть от 1:7 до 1:10 в зависимости от загрязнения свеклы землей. Необходимо проверить водяной вентиль и задвижки, работу насосов воды, свеклонасосов и пульсирующих шиберов. Следует определить количество воды в сборниках, из которых насосы подпитываются. Необходимо осмотреть и удалить все посторонние предметы на линии подачи свеклы, по возможности определить пути попадания этих предметов. Необходимо постоянно чистить решетки и другое оборудование. Проверить качество поступающей в гидротранспортер воды. Необходимо проверить работу отстойников транспортерно-моечных вод и улавливателя для отделения примесей из воды и ликвидировать засоры. Из транспортерно-моечной воды должен быть удален песок, т.к. это приводит к быстрому износу насосов и другого оборудования. При рециркуляции транспортерно-моечных вод часто наблюдается их пенение. Во избежание сильного пенения необходимо точно выдерживать заданное значение рН воды, удалять органические примеси, особенно кусочки и хвостики свеклы, добавлять противопенные и дезинфицирующие средства. При оседании корнеплодов свеклы на дно лотка следует увеличить соотношение свекла — вода (не менее 1:7), в отдельных случаях возникает необходимость привести

в соответствие геометрические размеры лотков. Уровень потока свекловодной смеси в лотке гидравлического транспортера по всей его длине должен быть от 400 мм до 450 мм;

- *наличие мерзлой свеклы.* При подаче смерзшейся свеклы рекомендуется использовать более теплую воду. Для предупреждения смерзания свеклы в вагонах важно правильно их загрузить;

- *неудовлетворительная работа гидрантов для смыва свеклы.* Давление воды в них на входе должно быть не ниже 0,35 МПа. Расстояние между ними должно быть не более 6 м;

- *низкая производительность гидроустановок для разгрузки автомобилей и вагонов.* Для их нормальной работы необходимо, чтобы давление воды на выходе было 0,35 МПа при ее расходе 4 000—6 000 л/мин. Для обеспечения равномерной разгрузки автомобилей следует попеременно использовать две гидроустановки. При гидравлической выгрузке вагонов необходимо следить за тем, чтобы вода не попадала в подшипники, а также соблюдать меры предосторожности при передвижении разгружаемых железнодорожных вагонов. Гидравлическая разгрузка вагонов зависит от их технического состояния. Если вагоны плохо отремонтированы, то время разгрузки увеличивается, и, следовательно, требуется большой расход воды;

- *сильная загрязненность свеклы.* При неблагоприятных климатических условиях во время уборки сахарной свеклы количество минеральных и органических примесей может значительно возрасти. При гидравлической подаче сильно загрязненной свеклы корнеплоды оседают на дно лотка, во избежание чего следует проверить соотношение свекла – вода. При этом требуется больше внимания этому участку. При подаче сильно загрязненной свеклы скорость свекловодной смеси должна быть в пределах 1,2—1,5 м/с;

- *неправильный выбор гидравлического транспортера.* При перемещении свеклы по гидравлическому транспортеру решающее значение имеет сечение его желоба. Узкие желоба имеют большое сопротивление и быстро заносятся. Широкие желоба требуют увеличения расхода воды (до 600 % к массе свеклы). Для сахарного завода производительностью 8 000 т свеклы/сутки высота желоба транспортера должна быть не менее 1 400 мм, ширина — 900 мм;

- *недостаточный уклон желоба гидравлического транспортера.*

Уклон днища лотка гидравлического транспортера должен быть одинаков по всей длине и составлять: для бетонного 18—20 мм на 1 п. м, для металлического 14—16 мм на 1 п. м. На закруглениях гидравлического транспортера увеличение уклона должно быть на 20—30 % больше нормативов для прямых участков;

- *наличие частых поворотов гидравлического транспортера, малых радиусов закруглений, неровностей на стенках желобов.* Радиус закругления на повороте транспортеров должен быть не менее 5 м. Поверхность лотков должна быть гладкой. Шероховатая бетонная поверхность снижает скорость потока, ухудшая подачу свеклы. Отрицательное влияние оказывают участки и места, требующие ремонта. Для предупреждения выбросов корнеплодов участки надземных лотков, кроме станции очистки свеклы, накрывают решетками. Высота установки горизонтальной решетки должна быть от 450 мм до 550 мм от днища лотка. В начале каждого участка горизонтальной решетки устанавливают наклонную решетку по всей ширине лотка гидравлического транспортера, а на заглобленных участках — по всей ширине канала.

- *поломка привода пульсирующего шибера.* Это может произойти по причине попадания под заслонку твердых предметов, смерзшихся глыб свеклы;

- *свеклонасос не развивает необходимой производительности.* Необходимо обеспечить оптимальное соотношение диаметров шкивов клиноременной передачи, достаточное натяжение ремней. При необходимости увеличивают количество ремней для обеспечения передачи крутящего момента. Если насос подает только воду в небольших количествах, следует прочистить всасывающий трубопровод. При недостаточном количестве воды в свекловодной смеси или при намеренно повышенной подаче сахарной свеклы может забиваться корнеплодами нагнетательный трубопровод, для устранения чего следует увеличить содержание воды в свекловодной смеси до соотношения 1 : 7;

- *недостаточная производительность гидропневмомеханического подъемника свеклы.* Это может быть по причинам: недостаточного напора, для устранения чего следует провести натяжение или замену ремней; при перекрытии входа заслонкой шибера, при недостаточном давлении сжатого воздуха следует проверить работу и герметичность пневмопривода, из-за присутствия в нагнетательном трубопроводе большого количества

легких примесей, что приводит к образованию пробки, а также при соотношении смеси свекла-вода ниже 1 : 5, утечки воды по линии подвода может происходить повышение давления сжатого воздуха вплоть до остановки компрессора. При повышении давления рабочей воды может наблюдаться утечка по линии водопровода, нарушение работы насоса циркуляционного контура.

### 3.2.2. Повреждение корнеплодов свеклы при подаче

Правильное соотношение свекла-вода при подаче сахарной свеклы в завод гидравлическим способом обеспечивает наименьшее повреждение корнеплодов. Но при гидроразгрузке свеклы с автомобилей и вагонов, прохождении ее через свеклонасос (особенно при его перегрузке и частых остановках) могут иметь место сильные повреждения корнеплодов. Необходимым условием для предупреждения повреждения сахарно свеклы является равномерность подачи свеклы.

### 3.2.3. Пенение на линии подачи и мойки свеклы

Интенсивное пенение на линии подачи свеклы и на стадии ее отмыывания приводит к снижению эффективности работы оборудования для подъема свекловодной смеси, отделения примесей и отмыывания корнеплодов, осложнению работы оборудования для очищения транспортерно-мочных вод и производственных сточных вод, ухудшению санитарных условий в производственных помещениях и на территории завода.

Пена может образовываться за счет аэрации и интенсивного перемешивания транспортерно-мочных вод при перекачивании их насосам а также в результате микробиологических процессов разложения сахарозы с образованием диоксида углерода и перехода в раствор сапонины.

Пена может стать причиной повторного микробиологического заражения транспортерно-мочных вод при распределении ее на поверхности воды и попадании в транспортерно-мочную воду, что приводит к ее дополнительному инфицированию.

Пенообразование в отстойниках и гидравлических транспортерах нужно уменьшать с помощью использования химических пеногасителей, что может улучшить условия эксплуатации всей оборотной системы

транспортерно-мочных вод.

Расход пеногасителей находится в пределах 10—50 г/100т свеклы, и зависит как от качества свеклы (в незрелой свекле содержится больше сапонины), так и от свойств почвы зон свеклосеяния, от времени переработки свеклы.

Подаются пеногасители постоянно дозирующими насосами, контроль производится по наличию пены в системе транспортера-мочной воды (ТМВ). Нельзя применять силиконовые пеногасители.

### 3.2.4. Высокие потери свекломассы и сахарозы

Потери свекломассы связаны с повреждением корнеплодов при транспортировке и неудовлетворительной работой устройств для улавливания хвостиков и их обломков. Их количество может достигать 1-3 % к массе свеклы. Вместе с камнями и соломой, удаляемыми из свекломойки, попадают и корнеплоды свеклы, которые необходимо тщательно отбирать и возвращать в мойку.

Свежеубранная свекла хрупкая, и это приводит к ее повреждению при погрузочно-разгрузочных операциях и подаче в производство. Потери свекломассы увеличиваются при поступлении ветвистых корнеплодов.

Высокие потери сахарозы в транспортерно-мочной воде обусловлены чрезмерным повреждением поверхности корнеплодов, в результате чего происходит вымывание сахара из поврежденных тканей. При нормальной работе гидратранспортера и температуре транспортерно-мочной воды до 20 °С содержание сахара в ней не должно превышать 0,1 %.

Повышенные потери сахара имеют место при подаче подпорченной и согревшейся в кагатах сахарной свеклы. Оттаивание мороженой свеклы в гидротранспортере и мойке может значительно повышать потери сахарозы в транспортерно-мочной воде (до 0,5 % и более).

## 3.3. Отделение примесей

Для отделения примесей от сахарной свеклы служат различные типы ловушек. Для предупреждения повреждения и уменьшения износа оборудования на гидравлическом транспорте устанавливают камнеловушки для улавливания тяжелых примесей (камней, песка, металличе-

ских предметов и тд.). Надежная работа камнеловушки зависит главным образом от количества подаваемой в нее воды.

### 3.3.1. Недостатки в работе камнеловушек

*Основными причинами недостаточного улавливания камней в работе камнеловушки системы Рауде является:*

- камнеловушка забита камнями и песком;
- большое число оборотов вала. Уменьшить число оборотов вала от 15 мин.<sup>-1</sup> до 25 мин.<sup>-1</sup>;
- пропускает верхний шибер;
- недостаточное давление воды.

*Недостатки в работе ротационной камнеловушки типа ПЗ-ПУБ:*

Выбрасывание корнеплодов ловушкой по причине:

- недостаточное количество воды в барабане. Корнеплоды проваливаются и выкидываются ковшами. Обеспечить уровень смеси в барабане не ниже 1/3 его диаметра. Обеспечить число оборотов барабана  $n=3,1$  мин.<sup>-1</sup>;
- повышенный гидравлический напор, в результате чего уменьшается скорость потока, корнеплоды оседают на ситчатое дно ловушки и внутренними витками направляются в выбрасывающую часть. Для уменьшения гидравлического напора необходимо иметь высоту внутренних витков 40 мм. Уровень свекловодяной смеси в барабане должен устанавливаться от 600 мм до 700 мм;
- недостаточная скорость восходящего потока, в результате чего корнеплоды проваливаются в карманы ловушки. Необходимо выдерживать оптимальное число оборотов камнеловушки  $n = 3,1$  мин.<sup>-1</sup>, а также скорость восходящего потока. Если камнеловушка не выбрасывает корнеплоды, можно увеличить скорость восходящего потока воды до 0,3 м/сек. Для регулирования скорости восходящего потока в специальном кармане установить поддерживающую решетку. Оптимальная скорость восходящего потока должна быть в пределах от 0,16 м/с до 0,19 м/с.

Недостаточное улавливание камней по причине:

- неравномерная подача свекловодяной смеси. Отрегулировать подачу с помощью пульсирующего шибера;

- недостаточный уровень воды в барабане. Уровень смеси в барабане должен составлять 1/3 его диаметра;
- большая скорость потока свеклы и воды в гидравлическом транспортере, где установлены камнеловушки, в результате чего потоком уносятся мелкие камни. Необходимо камнеловушки устанавливать в местах с нормальным наклоном транспортера и равномерным потоком свекловодяной смеси на расстоянии от 4 м до 5 м от установленного рядом оборудования;
- большие зазоры между корпусом ловушки и внешними витками.

Еще одним недостатком в работе ротационной камнеловушки типа ПЗ-ПУБ являются увеличенные затраты электроэнергии. Этот недостаток можно устранить путем проточки бандажей камнеловушки и высокой точности сборки узлов камнеловушки. Необходимо обеспечить должное центрирование барабана и отсутствие перекосов или возникновения избыточного напряжения в шарикоподшипниковых узлах вала.

### 3.3.2. Осложнения при работе соломоботволоушек и песколоушек

Для отделения от свеклы легких примесей (ботвы, соломы и др.) используют соломоботволоушки с прямоточным или противоточным перемещением грабель.

При эксплуатации соломоботволоушек нужно учитывать прежде всего правильность монтажа на гидротранспортерах, что бы обеспечивает беспрепятственное движение потока свекловодяной смеси. А так же для бесперебойной работы соломоботволоушек необходимо исключить механические поломки.

Неполадки в работе соломоботволоушек:

- приводной ремень соскальзывает с шкива (колеса). Причина – валы шкивов не параллельны, ремни не перпендикулярны к осям шкива, износ ремней;
- не соблюдено натяжение ремней.
- износ граблей. Сильные удары граблей о железные планки для стряхивания легких примесей. Можно на первых планках для стряхивания устанавливать деревянные или резиновые амортизаторы, а на треуголь-

ных ловушках — ролики-амортизаторы.

Основными причинами остановки соломоботволокушек являются:

- проскальзывание ремней на шкивах,
- нарушена соосность и параллельность шкивов.
- в грабли попали посторонние предметы;
- срезало пальцы или шпоночное соединение.

Пневмоподъемник ботвы, расположенный перед элеваторной ботволовушкой, предназначен для всплывания длинноволокнистых легких сорняков и ботвы на поверхность моечного потока за счет вдуваемых снизу в вертикальном или косом направлении малых воздушных пузырьков в свекловодяную смесь.

После ботволовушек на гидротранспортере устанавливаются песколловушки для улавливания песка. Песколловушка представляет собой три последовательно расположенных конуса в донной части гидроротка. Через решетчатые отверстия в днище лотка вода и содержащийся в ней песок попадают в циклоны, откуда через арматуру удаляются в сборник песка. Избыток воды со сборника песка используется для создания подпора в вертикальной камнеловушке. Во избежание залегания циклонов нужно предусматривать продувку водой.

### 3.4. Моечное отделение

Моечное отделение является участком сахарного завода, где происходит окончательная очистка корнеплодов сахарной свеклы и ее дезинфекция.

В работе моечного отделения могут возникнуть следующие осложнения.

#### 3.4.1. Недостаточная производительность свекломойки

При механизированной уборке свеклы поточным методом в ней остается много земли. Частично свекла отмывается от прилипшей к ней земли и глины уже в гидравлическом транспортере и в камнеловушках. Для окончательной очистки свеклы установлен свекломоечный комплекс.

Производительность свекломойки должна соответствовать количеству перерабатываемой свеклы.

В работе свеклосахарного завода первостепенное значение имеет равномерность ведения процессов и их регулирование. Равномерность работы сахарного завода зависит прежде всего от равномерной подачи свеклы в количестве, соответствующем производительности завода.

При слишком медленной подаче свеклы снижается производительность всего завода. Кроме того, слабо заполненная корнеплодами мойка плохо промывает их, так как они слабее трутся друг о друга.

Если некоторое время свекла подается в чрезмерном количестве, это вызывает ряд затруднений. Гидравлический транспортер в некоторых местах может оказаться переполненным (забитым) свеклой. При этом вода переливается через края транспортера. Свекла, идущая по гидротранспортеру чрезмерно густой массой, быстро проходит (проскакивает) вместе с камнями и легкими примесями через камнеловушки и соломоловушки. При чрезмерном количестве свеклы в мойке солома плохо всплывает из густой массы и камнеловушки мойки тоже не выполняют своей работы.

#### 3.4.2. Недостаточное отмывание корнеплодов сахарной свеклы

Наиболее частыми причинами неудовлетворительного отмывания корнеплодов являются:

- недостаточное поступление воды в свекломойку. Нормальное количество воды для свекломойки должно составлять примерно 105—150 % к массе свеклы. При рециркуляции транспортерно-моечной воды нужно подавать в свекломойку (или в ополаскиватель свеклы) свежую или охлажденную барометрическую воду в количестве 25 % к массе свеклы;
- недостаточное поступление свеклы в мойку. Свекломойка мало загружена, в результате чего ухудшается очистка корнеплодов свеклы;
- поступление в свекломойку вместе со свеклой грязной транспортерно-моечной воды. Необходимо регулярно очищать водоотделитель для обеспечения его нормальной работы, обеспечить равномерность потока подачи свеклы;
- неравномерное удаление грязной воды из свекломойки;
- поступление сильно загрязненной и ветвистой свеклы, содержащей между боковыми корнями плохо отделяемую землю;

- нарушение режима работы свекломойки. Производительность свекломойки должна быть приведена в соответствие с суточной производительностью завода. Необходимо обеспечить мойку регулирующим шибером (перед мойкой), регулировать обороты шнека, барабана.

### 3.4.3. Ненормальности в работе при эксплуатации свекломойки ротационного (барабанного) типа

При эксплуатации свекломойки ротационного (барабанного) типа может наблюдаться сильный стук (битье) барабана вдоль оси. Это может происходить по причине плохой регулировки зазоров между опорными роликами или неравномерного давления в приводных и опорных колесах пневмомашин.

При растянутом приводном ремне или при попадании на приводные колеса воды может быть ненормальное вращение барабана, для устранения чего необходимо натянуть приводной ремень, насухо вытереть колеса и беговые дорожки.

При нарушении параллельности ведущих и ведомых колес может произойти смещение барабана вдоль оси.

При протекании воды через сальники подшипниковых узлов шнеков следует подтянуть сальниковую набивку или заменить ее.

Свекломойка является последним устройством, применяемым для очистки свеклы от примесей. Она должна выполнять эту цель в полном объеме, поэтому необходимо следить за работой камнеловушек, регулярно проводить очистку песколовушек.

Дезинфекцию свеклы проводят после свекломойки или в бункере перед весами. Эффективным способом дезинфекции является опрыскивание корнеплодов сахарной свеклы дезинфицирующим раствором во время ее подачи от свекломойки к свекловичному элеватору.

## 3.5. Подача свеклы от свекломойки к свеклорезкам

Транспортировка мытых корнеплодов сахарной свеклы в бункер, перед свеклорезками осуществляется ковшовыми элеваторами и (или) ленточными конвейерами. На контрольном конвейере улавливают ферромагнитные примеси, поступившие со свеклой. Наиболее часто на этом

участке встречаются следующие неисправности в работе оборудования.

*Выход из строя роликовых или валковых водоотделителей.* Это происходит из-за попадания посторонних предметов, песка, и ненадлежащей эксплуатации узлов мойки (отсутствие смазочных материалов в подшипниковых узлах, попадание песка и влаги в подшипниковые узлы, отсутствие своевременного ремонта).

*Свеклоэлеватор самовольно останавливается, пробуксовывают ремни передачи.* Причины:

- карманы цепляют за борта нижней решетчатой корзины или стенок элеватора, корзина забита свеклой. Отрегулировать натяжение элеватора (возможен перекосяк) или уменьшить длину элеватора путем удаления звена. Почистить корзину от свеклы;
- перегрузка элеватора свеклой;
- в элеватор попали посторонние предметы;
- неполадки в электроприводе.

*Металлический стук в шахте элеватора.* Возможен перекосяк элеватора, карманы согнуты и цепляют за корпус.

*Улавливатели не удерживают карманы при обрыве цепи.* Шарниры забиты грязью.

*Обрыв цепи, улавливатели сработали.* Перегрузка элеватора, разрыв щек цепи, срез пальцев.

*Нагревается редуктор привода, слышен в нем посторонний шум.* Это возможно по причине отсутствия масла, выхода из строя подшипника или шестерни в редукторе привода.

*В районе привода элеватора слышен шум.* Возможно, произошло децентрирование муфты, ослабили крепления болтов редуктора на раме или корпусах подшипников валов. Необходимо заменить пальцы полу-муфт, произвести центрирование полу-муфт, поставить шайбы под гайки, подтянуть крепления.

*Конвейерная лента сходит с барабана.* Оси барабанов не параллельны. Неправильная стыковка ленты.

*Высокий нагрев подшипников барабана без постороннего звука.* Необходимо смазать подшипники.

*Нагрев одного из подшипников приводного барабана (определяется на ощупь).* Следует проверить кольцо подшипника относительно посадочного диаметра; заменить подшипник или вал.

Для нормальной работы необходимо соблюдать следующие условия:

- скорость движения цепи не должна быть выше для роliko-втулочных цепей 0,62 м/с, для корабельных — 0,725 м/с;
- свеклу направляют в третий карман элеватора от оси нижнего барабана;
- постоянное натяжение цепей и правильное положение карманов (их перекося может вызвать аварию);
- недопущение перегрузки барабана;
- осуществление привода элеватора от электродвигателя к редуктору через текстропную (клиноремennую) передачу, что предупредит аварийные поломки привода при заклинивании элеватора; снабжение электродвигателя тепловым реле, которое срабатывает при перегрузке элеватора.

Можно обходиться и без свекловичного элеватора, если расположить мойку для свеклы на необходимом высоком уровне и подавать туда свеклу вместе с водой гидравлического транспортера при помощи свеклонасосов (гидропневмомеханического подъемника свеклы).

Перед поступлением свеклы в бункера перед свеклорезками необходимо устанавливать устройство для отдува легких примесей потоком воздуха. Удаленные легкие примеси направляют в отходы моечного отделения.

## Глава 4

### ПОЛУЧЕНИЕ СВЕКЛОВИЧНОЙ СТРУЖКИ И ДИФфуЗИОННОГО СОКА

Извлечение сахара из свекловичной стружки является одной из важнейших операций технологического процесса. Его задачей является **не только** максимальное извлечение сахара, но и получение диффузионного сока с минимальным количеством несaxаров. При правильном проведении процесса экстракции в сок переходит примерно 40 % оксида натрия, 20 % оксида калия и 30 % белков, содержащихся в клеточном соке. Переход в сок пектиновых веществ, которые отрицательно влияют на его очистку, также в значительной степени зависит от условий экстракции сахарозы. Нарушение технологического режима, имеющие место при экстракции сахарозы, сказываются на протекании дальнейших технологических процессов.

Для быстрого и возможно более полного извлечения сахара из свеклы методом диффузии важнейшее, решающее значение имеет хорошее измельчение свеклы, в стружку с максимальной площадью диффузии.

Свекловичную стружку из корнеплодов сахарной свеклы получают в свеклорезках. Производительность диффузионной установки и содержание сахара в обессахаренной стружке зависят от качества свекловичной стружки.

#### 4.1. Требования к качеству свекловичной стружки

Качество свекловичной стружки оценивают по следующим показателям:

- длина 100 г стружки, величина которой для различных типов диффузионных аппаратов колеблется от 9 м до 15 м;
- величина шведского фактора, который должен быть не меньше 10, — отношение массы стружки (в 100 г навески) длиной больше 5 см к массе стружки длиной меньше 1 см;
- количество брака (неразрезанные гребешки, частички стружки дли-



ной меньше 10 мм, толстые частички неправильной формы), и количество мезги (пластинки тоньше 0,5 мм). Количество брака и мезги должно быть не более 3 %.

Значительное количество мезги в свекловичной стружке затрудняет движение жидкости в диффузионном аппарате, забивает сита, что приводит к снижению производительности диффузионного аппарата, увеличению потерь сахара в жоме, ухудшению качества получаемых продуктов.

Повышенное содержание мезги в диффузионном соке не только отрицательно влияет на фильтрационные свойства сока I сатурации, но и на состав и качество очищенного сока и, в конечном итоге, на величину эффекта очистки сока.

Было установлено, что увеличение содержания мезги в диффузионном соке с 0,3 % до 1,1 % приводит к увеличению цветности сиропа на 250 % и снижению его чистоты на 7 единиц.

Основные требования к свекловичной стружке:

- гладкая поверхность без трещин, рваных краев;
- равномерность в разрезе по длине, однородный профиль и одинаковая толщина;
- достаточная прочность на разрыв, изгиб и смятие;
- хорошая проницаемость на протяжении всего процесса сокодобывания;
- простая форма поперечного разреза.

Для получения свекловичной стружки используют центробежные, дисковые и барабанные свеклорезки.

## 4.2. Нарушения при получении свекловичной стружки

При получении свекловичной стружки могут возникнуть следующие нарушения.

*Недостаточная длина стружки.* Большой подъем ножа.

*Слишком тонкая стружка, тоньше допустимой толщины.* Малое поднятие ножа.

*Стружка мятая, рваная, ворсистая (не гладкая).* Причины и методы устранения:

- притуплены ножи или повреждены их кромки. Заменить ножи и

одновременно принять меры для лучшей очистки свеклы от твердых предметов;

- на лезвиях ножей зависли легкие примеси. Прочистить ножи и принять меры по повышению степени улавливания легких примесей;
- на лезвиях ножей зависла свекловичная ткань. Продуть сжатым воздухом ножи, увеличить зазор между ножами контрольной планкой;
- дополнительная передняя грань на острие ножа короче, чем нужно. Перья старых ножей должны утончаться по длине от 10 мм до 12 мм, новых — не менее 8 мм до толщины у торца не более 0,3—0,4 мм.

*Стружка ломаная:*

- малый зазор между резальной кромкой ножа и контрольной планкой. Установить правильный зазор для свеклы данного качества;
- передняя грань (фаска) пера заточена под большим углом. Заточить нож под углом передней грани (фаски) не более 33°;
- используются сношенные ножи с короткой рабочей частью меньше 20 мм. Заменить сношенные ножи новыми и выбраковать их.

*Стружка не одинакова по толщине:*

- неправильно установлены ножи и ножевые рамы. Установить ножи и ножевые рамы согласно инструкции. Остановить свеклорезку, почистить посадочное место ножевых рам;
- малый уровень свеклы в приемнике свеклорезки. Поддерживать оптимальный уровень свеклы в бункере перед свеклорезками.

*В стружке присутствуют гребешки.* Очень высоко подняты ножи, Большой зазор между резальной кромкой ножа и контрольной планкой. Необходимо выдерживать зазоры, указанные в инструкции.

*В стружке много мезги и брака:*

- высоко поставлены **контрножи**. Установить контрножи с зазором не более 11 мм;
- ножи затупились, или на их лезвиях зависли сорняки, ботва, свекловичная ткань. Почистить или заменить ножи;
- мала или велика скорость резания. Установить оптимальную скорость резания. Она подбирается в зависимости от качества перерабатываемой свеклы, При переработке кондиционной свеклы для получения стружки 10—12 м скорость резания должна поддерживаться 5—8 м/с некондиционной свеклы — 3,5 м/с, что обеспечивает получение стружки с длиной (в 100 г) равной 6 м;

• недостаточный уровень свеклы в бункере свеклорезки. Поддерживать оптимальный уровень свеклы, указанный в данной инструкции.

*В свеклорезке появился нехарактерный шум.* Возможно, попал твердый предмет. Немедленно остановить свеклорезку, перекрыть поступление свеклы, вытянуть одну раму, выбрать всю свеклу и удалить посторонний предмет.

*Стук во время пуска свеклорезки.* Ослабили соединения смежных деталей в свеклорезке. Необходимо остановить свеклорезку, промыть ее, достать всю свеклу. Выключить резку, разъединить муфту, осмотреть все болтовые и шпоночные соединения. Плавным вращением рукой установить место, в каком слышен стук. Слабые соединения подтянуть.

*Во время работы свеклорезки слышен ритмичный стук:*

- сломался зуб в шестерне привода свеклорезки;
- согнулся вал, ослабили болты, опустился контрнож. Очень высоко поднять один или несколько ножей. Перекошена или согнута рабочая часть ножа. Установить причину и устранить ее.

*Греется подшипник свеклорезки.* Сильно затянуты подшипники. Не поступает масло в подшипники. Ослабить затяжку подшипников. Прочистить маслопровод и заменить масло.

Повышение качества свекловичной стружки можно получить в результате наиболее полного отделения примесей от корнеплодов сахарной свеклы, снижения степени повреждения и дробления корнеплодов.

При изменении качества перерабатываемой свеклы обеспечить оптимальное условие извлечения сахара можно за счет изменения формы (конфигурации) свекловичной стружки. Конфигурация стружки зависит от способа установки ножей.

### 4.3. Влияние качества свеклы на качество стружки

Стружку наиболее высокого качества можно получить из немного подвяленной, убранной в сухую погоду сахарной свеклы. Свежеубранная свекла и свекла, убранная в дождливый период, является хрупкой.

Стружка, полученная из такой свеклы, легко ломается, содержит много мезги и брака, перемещение ее в диффузионном аппарате затруднено. Такая стружка обычно получается в начале производства.

Качество стружки значительно ухудшается при переработке сильно подвяленных, волокнистых и цветущих корнеплодов. На качество, стружки оказывает влияние размер корнеплодов: из мелких, поврежденных корнеплодов, обломков сахарной свеклы получается более короткая стружка.

Необходим постоянный контроль качества стружки. От того, насколько быстро будет определено ухудшение качества стружки и устранена причина этого отклонения, зависит работа последующих участков производства, в первую очередь диффузионной установки.

### 4.4. Влияние основных факторов на диффузионный процесс

Производительность сахарного завода в значительной степени определяется фактически достигнутой производительностью диффузионной установки. В этой связи обеспечение ее бесперебойной и ритмичной работы — одна из важнейших задач производства.

Основным условием ритмичной работы диффузионной установки является проведение высококачественной подготовки оборудования в ремонтный период.

Непременным же условием эффективной работы диффузионной установки является обеспечение оптимального режима процесса экстракции сахарозы из стружки.

Сахарные заводы эксплуатируют колонные диффузионные установки, наклонные шнековые и ротационные диффузионные аппараты.

Основными факторами, влияющими на эффективность работы диффузионного аппарата или установки, являются:

- качество свекловичной стружки;
- длительность диффузионного процесса;
- температура и рН среды;
- величина откачки диффузионного сока;
- качество питательной воды;
- ритмичность работы;
- выход жома, зависящий от мякоти свеклы, и содержание сухих веществ в свекле.

В табл. 2 приведены требования к качеству свекловичной стружки,

поступающей на высолаживание в диффузионный аппарат, в зависимости от эксплуатируемой диффузионной установки.

Таблица 2. Качество свекловичной стружки

№№ п/п	Тип диффузионного аппарата (установки)	Качество свекловичной стружки (при использовании ножей с шагом 8,25 мм)	
		Длина 100 г стружки, м	Содержание брака и мезги, %
1	А1-ПДС-20 А1-ПД2-С20 А1-ПД2-С30	13—15	не более 3
2	2 КДА, А1-КД2 ЖА-ПДБ-3 ЕКА-2, ЕКА-3	8—12	не более 3
3	ДС	7-14	не более 3
5	РДА, RT-2	12—14	не более 3
6	RTS-ET1	8—12	не более 3

### 4.4.1. Длительность процесса диффузии

Длительность диффузионного процесса определяют:

- для колонных диффузионных установок — по производительности и удельной нагрузке диффузионного объема стружкой. Оптимальная удельная нагрузка диффузионного объема должна составлять:

- от 700 кг/м<sup>3</sup> до 760 кг/м<sup>3</sup> — в диффузионной колонне;
- от 450 кг/м<sup>3</sup> до 600 кг/м<sup>3</sup> - в ошпаривателе стружки.

- для наклонных шнековых аппаратов — по производительной и удельной нагрузке корпуса аппарата стружкой. Оптимальная удельная нагрузка диффузионного объема должна составлять от 600 кг/м<sup>3</sup> до 650 кг/м<sup>3</sup>.

- для ротационных аппаратов — по скорости вращения диффузионного барабана.

Количество извлекаемой сахарозы непропорционально длительности увеличения времени диффузирования, так как со временем разность концентраций сахарозы в стружке и соке уменьшается, и скорость диффузии снижается.

При увеличении длительности диффузии снижаются потери сахара в

жоме, но наряду с сахаром в диффузионный сок переходит большее количество несахаров, и эффект очистки на диффузии снижается. В связи с этим с практической точки зрения оправдана работа диффузионной установки с производительностью до 160 % по отношению к номинальной. При этом увеличиваются потери сахара в жоме, но возрастает чистота диффузионного сока, а, следовательно, снижается содержание сахара в мелассе. Поэтому не следует уменьшать производительность диффузионного аппарата до 85—90 % номинальной производительности.

Приведен пример расчета экономии от сокращения длительности производственного сезона за счет интенсификации процесса диффузии сверх номинальной производительности и модернизации диффузионного аппарата (пример 1).

При форсированной работе теряется сахара в жоме меньше, чем его бы потерялось за время производственного сезона при хранении свеклы (особенно при длительном хранении и в январе), а также в мелассе.

#### Пример 1

*Исходные данные:*

Номинальная производительность диффузионного аппарата ДС-12 .....	3000 т св./сут.
Среднесуточная переработка .....	4800 т св./сут.
Ожидаемая заготовка свеклы .....	650 000 т
Плановые потери в производстве, %	
к массе свеклы .....	0,70
Плановое содержание сахара в мелассе, %	
к массе свеклы .....	2,00
Нормативные среднесуточные потери свеклы при хранении в I полугодии, % к массе хранящейся свеклы .....	0,055
Нормативные среднесуточные потери сахара при хранении в I полугодии, % к массе хранящейся свеклы .....	0,020
Плановые потери свеклы, % к массе свеклы .....	2,00
Расчетная длительность хранения .....	80 суток

*Выполнение расчета.*

Расчетная экономия от сокращения длительности производственного сезона за счет интенсификации процесса диффузии сверх номинальной

производительности и модернизации диффузионного аппарата

$$650\,000 \times 2,0 : 100 = 13\,000 \text{ т свеклы};$$

$$650\,000 - 13\,000 = 637\,000 \text{ т свеклы к переработке};$$

$$637\,000 : 3000 - 637\,000 : 4800 = 79 \text{ суток}$$

Сокращение длительности производственного сезона составит 79 суток.

Сокращение среднесуточных потерь свеклы при хранении в кагатах на 0,055 % к массе свеклы на объем свеклы в количестве  $79 \times 3000 = 237\,000$  т составит

$$237\,000 \times 0,055 \times 80 : 100 = 10428 \text{ т}$$

$$10428 \times 534\,941 = 5\,578,4 \text{ млн руб.}$$

Сокращение среднесуточных потерь сахара при хранении в кагатах на 0,020 % к массе свеклы

$$237\,000 \times 0,020 \times 80/100 = 3792 \text{ т сахара}$$

$$3\,792 \times 7\,526\,000 = 28\,538,6 \text{ млн руб.}$$

*Расчетная экономия от сокращения содержания сахара в мелассе и увеличения выхода сахара*

За счет уменьшения откачки сока и длительности диффундирования эффект очистки на диффузии составит 23 % (нормативный эффект очистки на диффузии 12 %). В результате этого чистота диффузионного сока увеличится на 1,3 %. Согласно исследованиям Силина П.М. увеличение чистоты на 0,5 % приводит к уменьшению содержания сахара в мелассе на 0,1 % к массе свеклы. Таким образом, в мелассе сокращается содержание сахара на

$$1,3 \times 0,1/0,5 = 0,26 \%$$

*Экономия составит*

$$637\,000 \times 0,26/100 = 1\,656,2 \text{ т сахара}$$

$$1\,656,2 \times 7\,526\,000 = 12\,464 \text{ млн руб.}$$

*Ожидаемая экономия от снижения расхода топлива за счет уменьшения откачки сока*

Практически расход условного топлива сократился на 0,7 % к массе свеклы, что составит

$$0,7 \times 637\,000/100 = 4\,459 \text{ т условного топлива}$$

$$4\,459 \times 2\,612\,815 = 11\,650 \text{ млн руб.}$$

Итого ожидаемая экономия составит

$$5578,4 + 28\,538,6 + 12464,0 + 11\,650,0 = 58\,231,0 \text{ млн руб.}$$

*Ожидаемый убыток от превышения нормативных потерь сахара в производстве при организации интенсивной экстракции*

Практически потери в производстве повысились до 1,00 % (превышение 0,3 %) к массе свеклы, что составит

$$1,00 - 0,70 = 0,30 \%$$

$$637\,000 \times 0,30 / 100 = 1\,911 \text{ т сахара}$$

$$1911,0 \times 7\,526\,000 = 14\,382,2 \text{ млн руб.}$$

*Итого: чистая экономия*

$$58\,231,0 - 14\,382,2 = 43\,848,8 \text{ млн руб.}$$

Расчет подтверждает экономическую и технологическую целесообразность ускоренной переработки сахарной свеклы за счет интенсификации экстракции сахарозы.

Кроме того, ускоренная переработка сахарной свеклы за счет интенсификации экстракции сахарозы позволяет снизить неучтенные потери сахара по всему технологическому потоку за счет сокращения времени пребывания продуктов на верстате завода, уменьшить расход известкового камня, фильтровальной ткани.

В Беларуси, Польше, Украине, России практикуют увеличение производительности наклонных диффузионных установок ДС-12 на отдельных сахарных заводах до 160% к номинальной производительности, а ДС-10 — до 170 %.

#### 4.4.2. Влияние температуры и величины РН на диффузионный процесс

Для всех типов диффузионных аппаратов (установок) температурный режим экстракции сахарозы из свекловичной стружки (свекла нормального качества) одинаков и должен предусмотреть:

- в зоне ошпаривания стружки – подогрев стружки от 68 °С до 76 °С;
- в зоне извлечения (экстракции) сахарозы — 68 °С-74 °С;
- в зоне удаления жома — снижение температуры жома от 65 °С до 60 °С;
- жомопрессовой воды, возвращаемой в аппарат, 70 °С – 75 °С

Температурный режим корректируется в зависимости от качества свеклы.

Температура оказывает большое влияние на перемещение стружки в аппарате. При перегреве диффузионных аппаратов выше 78 °С значительно ухудшается перемещение стружки, она теряет упругость, появляется опасность образования «пробок». От температуры зависят потери сахара в жоме. При повышении температуры активной диффузии с 68 °С до 73 °С потери снижаются на 0,1-0,2 % к массе свеклы. Увеличивая температуру, необходимо не допускать перехода пектина в сок, контролируя его наличие при помощи анализа состава сока.

Оптимальная величина рН содержимого диффузионных установок представляет собой компромисс между предупреждением гидролиза сахарозы в слишком кислой среде с низким рН и растворением компонентов свекловичных волокон при рН больше 6,0 (в основном пектина который оказывает отрицательное влияние на фильтрацию на последующих стадиях очистки соков).

В средней части диффузионных аппаратов рекомендуется поддерживать рН 5,5 и рН диффузионного сока — не менее 6,0.

### 4.4.3. Качество питательной воды

Необходимо обеспечивать равномерность величины отбора (откатки) диффузионного сока и содержание в нем сухих веществ, постоянное и равномерное поступление в аппарат жомопрессовой и питательной вод.

Оправдано снижение откатки для экономии теплоэнергоресурсов и увеличения производительности завода без значительных затрат.

В качестве питательной воды применяют аммиачные конденсаты (при их недостатке добавляют барометрическую воду), подкисленной серной кислотой или диоксидом серы. Существуют схемы подготовки воды сначала диоксидом серы, а затем доведение до заданного рН в автоматическом режиме серной кислотой. Это актуально при переработке подпорченной свеклы, так как образующаяся при сжигании серы сернистая кислота обладает дезинфицирующим действием.

При содержании аммиака в конденсатах более 100 мг/л применяют его деаммонизацию.

рН питательной воды поддерживают в интервале 5,2—5,5, а последним рекомендациям при ухудшении качества свеклы и переработке свеклы, пораженной слизистым бактериозом, рН снижают до 4,8—5,0.

Вся жомопрессовая вода возвращается на диффузию. Необходимо производить ее очистку и дезинфекцию. Барабанные пульполовушки жомопрессовой воды должны иметь ширину щели не более 0,75 мм, в то время как для диффузионного сока эта величина не более 0,5 мм. При этом до минимума сокращается вредное влияние мезги на процессы диффузии и сокоочистки.

По данным Бугаенко И.Ф., чем выше содержание сухих веществ в прессованном жоме, тем лучше качество жомопрессовой воды. В этом случае выше содержание сахара в сыром жоме, соответственно выше качество диффузионного сока. Так, при содержании сахара в сыром жоме 1,4 %, чистота жомопрессовой воды достигает 85,5 %, а при содержании сахара 0,3 % ее чистота составляет 60 %.

Обработка жомопрессовой воды включает в себя нагревание ее до 90°С, охлаждение, добавление дезинфицирующих средств. В Японии для ее обработки используют гипохлорит.

Для дополнительной очистки жомопрессовой воды при переработке свеклы ухудшенного качества применяются флокулянты.

Осадчий Л.М. рекомендует проводить дефекосатурацию жомопрессовой воды по отдельной схеме (такая схема внедрена на заводе в Украине).

Очень важно правильно ввести жомопрессовую воду в диффузионную установку. Ее нужно вводить в зону, где концентрация сахара такая же, как и концентрация сахара вводимой жомопрессовой воды. В связи с этим необходимо предусмотреть несколько вариантов ввода воды в аппарат по длине в зависимости от качества свеклы.

### 4.4.4. Пенообразование в диффузионных установках

Пенообразование на всех стадиях получения сахара приводит к снижению выхода сахара и увеличению расхода топлива. При получении диффузионного сока образование пены оказывает отрицательное влияние на экстрагирование сахарозы, затрудняет движение сока в аппаратах, приводит к снижению их производительности.

Для свеклы разного качества могут использоваться разные пеногасители. При этом пеногасители нужно подбирать для каждого завода индивидуально. Их применение зависит от состава почв зоны свеклосеяния, сортов и гибридов свеклы, оборудования, эксплуатиркемого на

заводе.

Для колонных и наклонных диффузионных установок разработаны разные марки пеногасителей. Расход пеногасителей различных производителей составляет от 10 до 30 100 тонн свеклы и зависит как от качества свеклы, так и от длительности ее переработки.

Подача пеногасителя может осуществляться в любую точку технологического процесса при помощи дозирующих насосов. Так в настоящее время пеногаситель может подаваться в транспортеромоечную воду, в жомпрессовую воду, в третью камеру — наклонных диффузионных аппаратов, в верхнюю часть — колонных аппаратов, в переливную коробку преддиффулятора, на выпорку, на вакуум аппараты и т.д.

Пеногасители, введенные на стадии диффузии, продолжают работать, в незначительной степени, в аппаратах преддефекации и дефекации.

Как правило, универсальные пеногасители для всех стадий производства менее эффективны.

#### 4.5. Плохое перемещение стружки в диффузионном аппарате

Одной из сложностей при работе диффузионных аппаратов является плохое перемещение стружки в аппарате (пробкование). «Пробка» - это скопление стружки, препятствующее нормальному продвижению сока. При ухудшении транспортировки стружки в аппарате обычно замедляется движение сока.

Как указывалось ранее, основной причиной ухудшения перемещения стружки в аппарате является низкое качество стружки. Наиболее чувствительные к качеству стружки — наклонные шнековые аппараты.

Важным фактором, оказывающим влияние на перемещение стружки в аппарате, является температура. При перегреве диффузионных аппаратов выше 78°C значительно ухудшается перемещение стружки.

Высокое значение рН подаваемой на диффузию питательной воды приводит к разрушению стружки и вследствие этого к ухудшению перемещения в аппарате.

Недостаточный отбор жома из аппарата также может быть причиной

его переполнения и связанного с этим постепенного ухудшения продвижения стружки.

Для аппаратов корытного типа важным фактором является уровень сока. Высокий уровень сока в нижней части аппарата приводит к «всплыванию» поступающей стружки, что приводит к снижению скорости транспортировки стружки по диффузионному аппарату, накоплению стружки в первой зоне аппарата и меньшему заполнению остальных зон. Это позволяет разгрузить «хвост», 3-ю и 4-ю зону.

При снижении уровня сока стружка быстрее забирается шнеками из нижней части аппарата, увеличивается скорость транспортировки стружки, а это, в свою очередь, может привести к ее накоплению в других зонах аппарата и при недостаточном отборе стружки из аппарата привести к образованию «пробок».

Регулирование уровня сока в аппарате, может помочь решить проблему пробкообразования. При этом необходимо помнить, что уменьшение уровня сока в аппарате приводит к более быстрому освобождению от стружки нижней части, но увеличивает опасность скопления стружки в других частях аппарата.

Высота загрузки в верхней четвертой зоне аппарата регулируется поворотом распределителя свежей воды. Поворот струи воды к черпальному колесу ведет к уменьшению производительности колеса, так как стружка смывается с него, из-за чего происходит загрузка аппарата, увеличение уровня сока стружечной смеси по всей длине аппарата. Поворот струи воды от черпального колеса, наоборот приводит к разгрузке диффузионного аппарата.

Так же, для борьбы с пробкообразованием можно использовать пеногасители. Их следует вносить выше «пробки», что иногда приводит к улучшению движению сока и нормализации процесса диффузии.

#### 4.6. Основные причины повышенных потерь сахара на стадии диффузии

Для диффузионных аппаратов, работающих с возвратом жомпрессовой воды, общие потери сахара складываются из потерь сахара в жоме и неучтенных потерь.

При правильной работе диффузионных установок (аппаратов) и соблюдении технологического режима, прежде всего температурного, дезинфекции свеклы и стружки в аппарате, для всех типов аппаратов неучтенные потери можно снизить до 0,05 % и менее к массе свеклы.

При содержании сахара в жоме (0,4 %) и сухих веществ (8 %) потери сахара с ним составят примерно 0,25 %, а суммарные потери сахара на диффузии (с учетом неучтенных) — 0,3 % к массе свеклы.

Основным процессом при извлечении сахара из стружки является диффузия. Согласно закону Фика на процесс диффузии сахара из свеклы в производственных условиях оказывают влияние величина отбора сока и толщина стружки. Эти величины определяют градиент концентрации. От толщины стружки зависит площадь поверхность диффундирования, температура и длительность диффундирования.

Величина потерь сахара на диффузии зависит главным образом от потерь сахара в жоме. Перед диффузией сахара из свекловичной стружки необходимо провести ее нагрев, тепловую денатурацию, т.к. процесс диффузии начинается при температуре 60 °С.

С увеличением содержания сухих веществ путем прессования в отжатом жоме его количество уменьшается. При возврате жомопрессовой воды надиффузию при глубоком прессовании жома потери сахара значительно снижаются.

На повышение потерь сахара на стадии диффузии оказывают влияние:

- *величина отбора сока.* Уменьшение величины отбора сока на 1% приводит к увеличению потерь сахара на 0,015—0,02 % к массе свеклы;
- *качество стружки.* Увеличение толщины стружки на 0,2 мм при тех же условиях диффузии приводит к увеличению потерь сахара в жоме на 0,1 % к массе свеклы. Если увеличение отбора сока приводит к увеличению расхода пара, большей нагрузке на выпарку, то уменьшение толщины стружки на эти факторы не влияет. Однако тонкая стружка хуже транспортируется. Поэтому и существует определенная предельная величина длины 100 г стружки. При переработке здоровой свеклы следует работать со стружкой, длина которой соответствует верхнему рекомендуемому пределу для того, чтобы максимально использовать преимущества тонкой стружки. При этом нужно уяснить, что более вредным с точки зрения образования «пробок» и ухудшения движения

сока в аппарате является мезга. Если стружка содержит мало мезги, то на диффузионных аппаратах можно работать с более длинной стружкой без ухудшения ее транспортирования. При ухудшении качества перерабатываемой свеклы (подмороженной или подпорченной) нужно работать с более грубой стружкой, чтобы не происходило забивания сит;

- *температура.* Повышение температуры на стадии диффузии может привести к развариванию стружки, а это в свою очередь — к забиванию сит, ухудшению движения стружки и сока в аппарате. При переработке здоровой свеклы максимальная температура диффузии 78 °С;

- *длительность обессахаривания стружки.* Это один из факторов, который трудно регулировать и многое зависит от типа диффузионного аппарата. Грубая стружка будет транспортироваться быстрее но стоит учесть потери сахара в жоме;

- *время предварительного ошпаривания стружки.* Экстракция сахара из стружки начинается после нагрева ее до температуры 60 °С, поэтому стружку нужно быстро нагреть до этой температуры. На практике может случиться, что вследствие значительного увеличения продолжительности ошпаривания действительное время обессахаривания стружки уменьшится настолько, что это приведет к увеличению потерь сахара в жоме;

- *инфицирование содержимого диффузионных установок.* Потери сахара при экстракции в результате жизнедеятельности микроорганизмов относятся к неучтенным (неопределяемым). В диффузионных аппаратах условия для развития мезофильных и термофильных микроорганизмов являются оптимальными. Количество же микроорганизмов, вносимых со стружкой, велико. В этой связи необходимо особое внимание уделять дезинфекции свеклы перед свеклорезками дезинфекции содержимого диффузионных аппаратов. Для поддержания неучтенных потерь сахара при обессахаривании стружки не выше 0,05 % к массе свеклы, необходима техническая стерильность диффузионных аппаратов.

Потери сахара в инфицированном аппарате резко возрастают. При этом в результате разложения сахара образуются органические кислоты, в частности молочная кислота, величина рН падает, особенно в середине диффузионного аппарата, что создает благоприятные условия для дальнейшего развития микрофлоры и способствует инверсии сахарозы.

Дезинфекция свеклы настолько эффективна, что в большинстве слу-

чаев позволяет уменьшить расход добавляемого в диффузионный аппарат дезинфектора и обеспечивает техническую стерильность.

При проведении дезинфекции после свекломойки примерно 50% дезинфицирующего вещества не используется. Эффективнее проводить дезинфекцию свеклы в бункере перед свеклорезками, т.к. дезинфицирующее вещество вместе со стружкой попадает в диффузионный аппарат.

Разумеется, что степень инфицирования диффузионного аппарата возрастает с увеличением длительности обессахаривания, понижением температуры в аппарате и при переработке порченной свеклы. Опасным источником инфекции может быть возвращаемая жомпрессовая вода. Поэтому она должна быть нагрета до температуры выше 90°C, охлаждена до требуемой температуры и подвергнута дезинфекции.

#### 4.7. Причины низкого качества диффузионного сока

Диффузионный сок считается нормального качества, если его чистота не ниже 88 %. Только из диффузионного сока такой или более высокой чистоты можно при современных методах очистки получить сироп с чистотой не ниже 92 %. Кроме того, величина рН диффузионного сока должна быть 6,0—6,2, и он должен содержать минимум мезги.

*Причины низкого качества диффузионного сока:*

- *низкое качество перерабатываемой свеклы.* Под влиянием климатических условий и при несоблюдении правил агротехники состав сахарной свеклы может значительно отличаться от нормы. При хранении качество свеклы также ухудшается. Это связано с разложением сахарозы, белков и пектиновых веществ. Продукты разложения ухудшают качество диффузионного сока, а также процесс экстракции. Из биологически незрелой свеклы также получается сок более низкого качества.

Отрицательное влияние на качество диффузионного сока оказывают также:

- *высокое содержание органических нес сахаров, в первую очередь α-аминного азота.* Они значительно снижают чистоту диффузионного сока. Для переработки такой свеклы характерна более низкая чистота утфелей, оттеков и мелассы, высокий выход мелассы;

- *высокое содержание растворимой золы.* Получаемые при переработке такой свеклы продукты (сок, сироп, утфеля, оттеки и меласса) также имеют низкие значения чистоты;

- *высокое содержание редуцирующих веществ.* При экстракции они переходят в диффузионный сок и на станции очистки разлагаются;

- *высокая температура при обессахаривании.* При температуре выше 78 °С ускоряется процесс гидролиза пектиновых веществ и их переход в диффузионный сок. При переработке свеклы, пораженной гнилью, на стадии экстракции особенно важно поддерживать более низкую температуру. Отрицательное влияние на переход пектиновых веществ в сок оказывает неравномерность нагрева стружки в наклонных диффузионных аппаратах, что может привести к местному перегреву стружки;

- *длительное обессахаривание;*

- *высокое значение рН питательной воды.* Учитывая опасность инверсии сахарозы, величина рН питательной воды должна быть 5,5—5,8. Применение питательной воды с величиной рН 7 приводит к увеличению перехода пектиновых веществ в сок примерно в 10 раз по сравнению с водой, рН которой равен 5. Характерным признаком применения питательной воды с высоким значением рН (около 9) является зелено-желтое окрашивание жома. Кроме того, при применении такой воды происходит «разваривание» стружки. При высоком значении рН питательной воды и повышенной температуре увеличивается содержание коллоидов в возвращаемой жомпрессовой воде, которые переходят в нее при прессовании из частично гидролизованной обессахаренной стружки. Это также отрицательно сказывается на качестве диффузионного сока;

- *инфицирование диффузионного сока микроорганизмами.* Качество сока ниже и он имеет более низкое значение рН, содержит повышенное количество левана и декстрана — продуктов жизнедеятельности некоторых видов микроорганизмов. Эти полисахариды ухудшают фильтрование сока I сатурации;

- *высокое содержание мезги в диффузионном соке.* Наличие мезги в диффузионном соке отрицательно влияет на качество очищенного сока, так как на станции очистки под воздействием высокой температуры и щелочности происходит интенсивный гидролиз мезги. Поэтому ее необходимо удалить из диффузионного сока.



#### 4.8. неполадки в работе колонной диффузионной установки

*Повышение потерь сахара в жоме.* Причины: грубая свекловичная стружка, недостаточный нагрев и отбор диффузионного сока, плохое заполнение аппарата стружкой. Необходимо решить вопрос с повышением качества свекловичной стружки, повысить нагревание в ошпаривателе и колонне, увеличить количество отбираемого сока на производство и обеспечить оптимальное заполнение колонны стружкой.

*Перелив сока из шахты ошпаривателя.* Это может быть по причине:

- в ошпариватель поступает больше башенного сока, чем отбирается сокоотружечной смесью в колонну и сока на производство (неисправный регулятор);

- остановился насос диффузионного сока или сокоотружечной смеси. Забился трубопровод смеси.

*Снижение уровня сока в колонне.* Не поступает в колонну питательная вода. Выявить причины и устранить. При снижении уровня сока от нормального на 1,0 м необходимо остановить диффузионную установку.

*Повышение содержания сухих веществ диффузионного сока по сравнению с расчетным показателем.*

- неисправны рефрактометр (плотномер) диффузионного сока и счетчик ленточных весов. Уточнить количество отбора сока;

- забито лобовое сито ошпаривателя или неисправны скребки-очистители сита. Регенерировать лобовое сито обратным продуванием его диффузионным соком после мезголовушки, организовать краткосрочную подачу в ошпариватель более грубой стружки с минимальным содержанием брака. Проверить исправность скребков-очистителей сита и отремонтировать их.

*Снижена концентрация диффузионного сока, отбираемого на производство.* Повышен отбор диффузионного сока на производство. Проверить и обновить задание на соотношение количества стружки и сока, отбираемого на производство.

*Из колонны вместе с жомом выливается вода.* Неисправен регулятор уровня. Переналадить автоматический регулятор.

*Резкие скачки стрелки амперметра, показывающего силу тока, который потребляет электродвигатель привода колонны.* Прогиб или

надрыв лопастей или контрлопастей. Возможно, в колонне присутствуют посторонние предметы. Неисправен привод. Остановить транспортную систему колонны, обессахарить стружку, удалить ее, внимательно осмотреть состояние лопастей и ликвидировать неисправности.

*Растет сила тока на электродвигателе привода шнека ошпаривателя.* Превышено наполнение стружкой ошпаривателя в зоне шнека. Увеличить частоту вращения шнека ошпаривателя. Увеличить количество сока поперечного потока и поднять его температуру до 80 °С.

*Забился трубопровод сокоотружечной смесью.* Соотношение стружки и сока в мешалке ошпаривателя меньше чем 1 : 2 или стружка недостаточно ошпарена. Необходимо:

- открыть дроссель на трубопроводе сокоотружечной смеси и включить резервный насос;

- при остановленном насосе сокоотружечной смеси продуть трубопровод обратным давлением в колонне при открытом продувочном люке на трубопроводе сокоотружечной смеси, открывая и закрывая запорную заслонку (задвижку) под колонной. Через открытый продувочный люк на трубопроводе продуть часть оставшегося трубопровода;

- при необходимости продувку проводят барометрической водой под давлением 0,2—0,25 МПа;

- обновить соотношение стружки и сока в сокоотружечной смеси 1:3—1:5;

- откорректировать температуру подогрева сока поперечного потока и обеспечить температуру сокоотружечной смеси 72—73 °С.

*Колебания силы тока в электродвигателе привода мешалки ошпаривателя.* Причины:

*Недостаточное ошпаривание свекловичной стружки или соотношение стружки и сока в сокоотружечной смеси в мешалке ошпаривателя менее 1:2.* Необходимо:

- увеличить количество сока поперечного потока ошпаривателя и башенного сока для разбавления сокоотружечной смеси;

- повысить температуру сока до максимально допустимой для термостойкости перерабатываемой свеклы;

- большая частота вращения шнека ошпаривателя. Уменьшить частоту вращения шнека ошпаривателя;

*В мешалку ошпаривателя попали посторонние предметы.* остано-

вить ошпариватель и удалить посторонние предметы.

*Уменьшается количество сока, отбираемого из колонны.* Перепад давления сока над и под ситом составляет более 0,05 МПа (0,5 кгс/см<sup>2</sup>). Может быть забита фильтровальная ситчатая поверхность ситового пояса колонны (основное горизонтальное сито и дополнительная фильтровальная поверхность в контрлопастях). Необходимо краткосрочно (на 5—10 сек.) остановить отбор башенного сока и потом уменьшить его количество до величины, которая обеспечит получение сокоотружечной смеси с минимальным разбавлением твердой фазы (при соотношении 1 : 2,5), подавать в колонну более грубую стружку, принять меры для получения высококачественной стружки с минимальным количеством брака.

#### 4.9. Неполадки в работе наклонной шнековой диффузии

*Замедленное прохождение свекловичной стружки в аппарате, она скапливается в нижней части аппарата.* Причины:

- стружка некачественная — много брака. Необходимо повысить качество стружки и уменьшить ее подачу на 10—20 %, пока не будет устранено переполнение аппарата;
- стружка перегрета, неправильно работают терморегуляторы. Снизить температуру, уменьшать количество подаваемой стружки в аппарат, пока не будет устранено его переполнение. Отремонтировать терморегуляторы.
- забито сито, отбор сока производится меньше необходимого. Необходимо пропарить сито и убедиться в исправности скребкового меланорма на сите;
- задан высокий уровень перед ситом;

*Затруднен отбор диффузионного сока на производство.* Причины:

- забились лобовое сито. Продуть сито сжатым воздухом, паром или диффузионным соком после пульполовущек;
- неэффективная работа скребков-очистителей лобового сита.

Проверить исправность скребков и при необходимости отремонтировать их. Отрегулировать давление скребков на сито;

- образование «пробок» из стружки в средней части аппарата. Это может быть по причине плохого качества свекловичной стружки (много брака),

перегрева сокоотружечной смеси во второй и третьей зонах подогрева аппарата. Повысить уровень сока в нижней части аппарата, первая зона, или увеличить частоту вращения черпального колеса, предварительно повернув сопло с питательной водой от черпального колеса;

- перегрев стружки в аппарате. Снизить температуру. Проверить работу терморегуляторов;
- забиты пульполовущки диффузионного сока или плохая работа насосов.

*Высокие потери сахара в жоме.* Причины:

- некачественная свекловичная стружка — грубая стружка;
- недогрев стружки по причине неисправности терморегуляторов и автоматов для отведения конденсата из камер диффузионного аппарата. Наладить терморегуляторы и автоматы-водоотводчики, продуть паровые камеры;
- недогрев стружки из-за низкой температуры свекловичной стружки и питательной воды, подаваемой на диффузионный процесс. Повысить температуру питательной воды и пара, которые подаются на диффузию;
- недостаточный отбор диффузионного сока, плохое наполнение аппарата стружкой. Увеличить отбор сока на производство, обеспечить, нормальное заполнение аппарата.

*Недостаточный нагрев сокоотружечной смеси.* В паровых камерах могут образовываться воздушные пробки, а также недостаточно отводится конденсат. С помощью вентиля отрегулировать отделение газов из паровых камер аппарата через оттяжки, связанные с конденсатором.

Увеличить отвод конденсата из паровых камер.

*Высокие токовые нагрузки нижних и верхних приводов шнеков. Стружка накапливается в нижней части аппарата, ослаблено ее прохождение по аппарату.* Причины:

- низкий уровень сока в нижней части аппарата, сильно переминается (крошится) стружка в аппарате. Стружка имеет много брака. Низкая температура сокоотружечной смеси в нижней части аппарата;
- необходимо повысить уровень сока в нижней части аппарата, отрегулировать работу регулятора уровня сока. Уменьшить подачу стружки на 10—20 % до тех пор, пока не будут устранены перегрузки привода;
- переполнение (перегрузка) диффузионного аппарата стружкой. Одновременно заменить ножи в свеклорезках, повысить качество стружки.

Задействовать пар более высокого потенциала для обогрева нижней части диффузионного аппарата. Проверить отвод конденсата и аммиачных газов;

- грубая стружка, малая частота вращения шнеков;
- прессование стружки в верхней части аппарата в результате автоматического уменьшения частоты вращения верхних приводов шнеков во время повышения нагрузки на привод;
- недостаточное количество воды или ее полное отсутствие;
- низкая температура сокоотружечной смеси по всей длине аппарата.

Необходимо постоянно поддерживать нормальное заполнение аппарата сокоотружечной смесью. Работать на тонкой стружке. Поддерживать нормальный уровень сока в аппарате. Поддерживать оптимальный температурный режим по зонам. При высоких токовых нагрузках по возможности увеличить подачу питательной воды и частоту вращения верхних приводов шнеков;

- низкий уровень сока, как в нижней, так и в верхней части аппарата. Частые остановки аппарата. Пуск аппарата после его остановки. Необходимо перейти к работе на более тонкой стружке до токовых нагрузок привода. При непроходимости питательной воды в верхней части аппарата через стружку уменьшить частоту вращения шнеков, одновременно уменьшить подачу питательной воды и стружки, не допуская опорожнения (разгрузки) нижней части аппарата. При необходимости снизить нагрев аппарата. Обновить заполнение аппарата сокоотружечной смесью до нормального уровня. Производительность аппарата повышают постепенно, увеличивая сначала чистоту вращения шнека, а потом количество загружаемой стружки.

## Глава 5

### ОЧИСТКА ДИФФУЗИОННОГО СОКА

Очистка диффузионного сока является одним из важнейших этапов технологического процесса сахарного производства. Работа станции очистки диффузионного сока влияет на производительность завода, выход и качество готовой продукции.

Для очистки диффузионного сока было предложено много реагентов. Однако способ очистки при помощи извести и уголекислоты все еще остается самым распространенным, эффективным и дешевым.

#### 5.1. Выбор технологической схемы очистки

При выборе технологической схемы очистки диффузионного сока, полученного из свеклы различного качества, следует определить условия ее проведения по технологическим показателям диффузионного и очищенного соков.

Технологическая схема должна обеспечивать достижение высокого эффекта очистки, получение термостойкого сока с высокими фильтрационно-седиментационными свойствами и с оптимальным расходом извести для выдерживания оптимальных технологических параметров, максимального выхода сахара при его высоком качестве.

Технологическая схема должна предусмотреть возможность широкого регулирования параметров процесса очистки соков: количеств и мест введения известкового молока, возвратов сока или сгущенной суспензии, рециркуляционного сока; реакции среды (рН, щелочность) предварительной дефекации, температуры процессов, длительности холодной (теплой) и горячей ступени основной дефекации и дефекации перед II сатурацией и др.

Ниже приведены варианты технологической схемы очистки диффузионного сока, рекомендуемые в зависимости от качества перерабатываемой свеклы.

*Вариант А*

При переработке свежей сахарной свеклы и свеклы после хранения с содержанием редуцирующих веществ в ней более 0,1 % к массе свеклы и общего азота — более 0,2 % к массе свеклы можно проводить очистку диффузионного сока по следующей схеме. Прогрессивная известковая предварительная дефекация (холодная или теплая) с возвратом на нее суспензии сока I сатурации и сгущенной суспензии сока II сатурации; холодная или теплая ступень основной дефекации, подогрев сока, горячая ступень основной дефекации, I сатурация с рециркуляцией сока, отстаивание или фильтрация сока с предварительным его подогревом и получением сгущенной суспензии и фильтрованного сока, отделение и промывка фильтрационного осадка, подогрев сока, дефекация перед II сатурацией, II сатурация, фильтрация и далее по потоку.

В этой схеме известковое молоко распределяют в 4 точки: до 10 % на предварительную дефекацию, 70 % на первую ступень основной дефекации, I сатурацию и от 10 до 20 % от общего его количества — перед II сатурацией (при необходимости).

Известковое молоко по этому варианту на I сатурацию добавляют при следующих условиях:

- при необходимости улучшения фильтрационно-седиментационных свойств сока в количестве 0,2—0,3 % CaO к массе свеклы или 5-10 % от его общего количества;
- при переработке свеклы ухудшенного качества.

#### *Вариант Б*

При переработке кондиционной сахарной свеклы с содержанием редуцирующих веществ не более 0,1 % и общего азота — не более 0,2%, можно проводить очистку диффузионного сока по измененной в сравнении с вариантом А технологической схеме очистки сока: известковое молоко на I сатурацию не добавлять, на дефекацию перед II сатурацией добавляется известковое молоко в количестве 0,2 % CaO к массе свеклы, длительность холодной или горячей ступени основной дефекации и дефекации перед II сатурацией должна устанавливаться минимальной для обеспечения хороших фильтрационно-седиментационных свойств сатурационных соков и их термостойкости.

#### *Вариант В*

При переработке частично испорченной сахарной свеклы и свеклы долго хранимой, но не зараженной слизистым бактериозом, в зависимости от

ее отклонений от кондиции можно использовать измененную в сравнении с вариантом А последовательность процессов, в которой после известковой прогрессивной предварительной дефекации с возвратом нефильтрованного сока I сатурации или сгущенной суспензии проводят холодную и укороченную горячую дефекацию (3—5 мин.).

I сатурацию с рециркуляцией сока (до 300 %) и при необходимости улучшения фильтрации добавляют на I сатурацию известковое молоко в количестве 0,2—0,4 % CaO к массе свеклы. Для улучшения отстаивания сока I сатурации перед поступлением его в отстойник добавляют раствор флокулянта. В осветленный сок I сатурации перед насосом добавляют известковое молоко и через подогреватели направляют его на дефекацию перед II сатурацией (2—5 мин.). Дефекованный сок сатурируют до оптимального pH (щелочности). Фильтрованный сок II сатурации после контрольной фильтрации направляют на выпарную установку.

#### *Вариант Г*

При переработке испорченной сахарной свеклы с наличием корнеплодов, пораженных слизистым бактериозом, можно проводить холодную или теплую предварительную дефекацию с возвратом нефильтрованного сока I сатурации в количестве, которое обеспечивает улучшение фильтрации сока I сатурации (или суспензии сока II сатурации). Известковое молоко на предварительную дефекацию не дают, Известковое молоко дают в переливную коробку аппарата предварительной дефекации или перед сатуратором. Длительность холодной или горячей дефекации уменьшают или совсем ее исключают и проводят процесс дефекосатурации. При отстаивании сока используют раствор флокулянта. Осветленный сок I сатурации направляют через подогреватель на дефекацию перед II сатурацией. Расход известкового молока на II сатурацию должен составлять от 10 % до 30 % общего количества, длительность дефекации перед II сатурацией — 2-5 минут.

## **5.2. Предварительная дефекация**

Задача первого этапа очистки — преддефекации — является полное удаление коллоидов и создание для адсорбционной очистки максимально благоприятных условий.

### 5.2.1. Температура и продолжительность преддефекации

Эффективность преддефекации, ее влияние на физико-химические показатели сока зависят от продолжительности процесса и температуры. При холодной преддефекации, проводимой при пониженной температуре, получается очищенный сок меньшей цветности, и, наоборот, при горячей преддефекации, проводимой при повышенной температуре, получается сок I сатурации с лучшими седиментационными свойствами.

Для полноты осаждения несахаров и получения устойчивого осадка процесс предварительной дефекации следует осуществлять при температуре 40 °С или 60 °С, но при этом отдадут предпочтение последней. Наиболее полное осаждение несахаров и получение плотного преддефекационного осадка, устойчивого к пептизации на последующих станциях известковой очистки диффузионного сока, в процессе прогрессивной преддефекации с возвратом сгущенной суспензии сока II или I сатурации достигаются при температурах, близких к 60 °С, так как при этом обеспечивается протекание реакций коагуляции и осаждения несахаров за более короткий промежуток времени.

Следует обратить внимание на то, что при повышении длительности процесса повышается разложение редуцирующих веществ, ухудшаются качественные показатели сока за счет образования красящих веществ, солей кальция, получается мутный декантат. Образующиеся при разложении редуцирующих веществ на прогрессивной предварительной дефекации красящие вещества плохо удаляются на последующих ступенях очистки (сатурации), что приводит к ухудшению качества очищенного сока. Поэтому разложение редуцирующих веществ на прогрессивной предварительной дефекации должно быть сведено к минимуму.

Иногда, особенно при переработке незрелой свеклы, приходится несколько повышать температуру преддефекации для улучшения осаждения.

### 5.2.2. Изменение щелочности в процессе преддефекации

Аппараты предварительной дефекации (ПД) должны обеспечивать постепенное прогрессивное нарастание щелочности, рН сока.

Основным показателем нормальной работы прогрессивной предварительной дефекации (ППД) является плавное нарастание щелочности по

секциям аппарата, а также постоянное выдерживание параметров оптимального технологического режима, что достигается в результате ритмичной работы завода и равномерности потоков диффузионного сока, известкового молока и возвратов на предварительную дефекацию.

В табл. 3 приведены параметры технологического режима на предварительной дефекации в зависимости от эксплуатируемых аппаратов.

Таблица 3. Параметры режима на предварительной дефекации

№ п/п	Наименование показателей	Аппараты прогрессивной предварительной дефекации (ППД)			Вертикальный аппарат ПД типа ПР
		Горизонтальный тип Ш1-ППД		Вертикальный тип А2-ППР	
		холодная	теплая		
1	Температура процесса, °С	0-50	50-60	50-60	85-90
2	Длительность процесса, мин.	20-30	12-15	15	5-10
3	рН <sub>20</sub> сока предварительной дефекации	10,8-11,6	10,8-11,6	10,8-11,6	10,8-11,6
4	Щелочность преддефекованного нефильтрованного сока, % СаО: по метилоранжу по фенолфталеину	0,7-1,2 0,20-0,35	0,7-1,2 0,20-0,35	0,7-1,2 0,20-0,35	0,7-1,2 0,20-0,35
5	Щелочность преддефекованного фильтрованного сока, % СаО: по фенолфталеину	0,12-0,15	0,12-0,15	0,12-0,15	0,12-0,15
6	Скорость отстаивания, см/мин.	2,5-3,0	2,5-3,0	2,5-3,0	2,5-3,0

Лучший показатель для контроля преддефекации — титрованная щелочность (по фенолфталеину), поскольку в щелочной среде с величинами щелочности больше 0,1 % СаО она более чувствительный показатель, чем рН<sub>20</sub>.

Зависимость рН<sub>20</sub> от щелочности фильтрованного сока при ее высоких значениях приближается к горизонтали, и значительным приростам щелочности соответствуют совсем небольшие приросты рН.

Поскольку автоматизация преддефекации осуществляется с учетом рН

сока на выходе из аппарата, то величины оптимальных рН должны постоянно корректироваться с соответствующими оптимальными величинами щелочности по данным анализам титрований.

Величина оптимальной щелочности преддефекации соответствует оптимальной щелочности I сатурации.

На изменение щелочности в процессе преддефекации влияют следующие факторы:

- *количество извести.* Общий расход извести на преддефекации колеблется незначительно и обычно составляет 0,3 % к массе свеклы. При избыточном или недостаточном количестве извести может нарушаться прогрессивное нарастание щелочности;

- *неправильная эксплуатация преддефекатора.* Необходимо выдерживать необходимую частоту вращения перемешивающего устройства, так как за счет этого можно обеспечить прогрессивное нарастание щелочности в аппарате. Причиной нарушения прогрессивного нарастания щелочности в аппаратах может быть неправильное положение поворотных шиберов. Их регулирование проводят на основании данных анализов щелочности по секциям преддефекатора;

- *неправильная подача известкового молока.* Известковое молоко, очищенное от песка и грубых примесей, должно иметь определенную плотность (1160—1180 кг/м<sup>3</sup>) и высокое содержание активной извести при ее постоянстве. Колебания концентрации известкового молока связаны с его неправильным приготовлением;

- *колебание концентрации сухих веществ в промоях.* Различное содержание гидроксида кальция в преддефекованном соке при применении известкового молока постоянной концентрации обычно связано с использованием для гашения обожженной извести промоек с различной концентрацией сухих веществ. Концентрация сухих веществ в промоях, применяемых для гашения извести, не должна быть выше 5 %;

- *неравномерность потока диффузионного сока.* Неравномерность потока диффузионного сока приводит к нарушению его оптимального распределения по секциям и значительно снижает эффективность процесса;

- *не отрегулирована работа дозатора известкового молока.* Вследствие этого содержание оксида кальция в преддефекованном соке постоянно;

- *малое или большое количество возвращаемого сока в верхнем проти-*

*вотоке;*

- *неправильное определение мест подвода отдельных компонентов и отбора проб;*

- *неправильное показание автоматического рН-метра.* Загрязнены электроды рН-метра. Необходимо сравнить показания автоматического рН-метра с лабораторными, промыть электроды в 0,1 н. растворе соляной кислоты, установить их и настроить рН-метр в автоматическом режиме работы.

### 5.2.3. Пенообразование сока на преддефекации

Пена представляет собой газожидкостную фазу и образуется за счет выделяющихся газов в процессе проведения работы прогрессивной **предварительной** дефекации. Для гашения пены применяются пеногасители.

Причинами пенообразования сока на прогрессивной предварительной дефекации могут быть:

- *перерабатывается порченая свекла, а также свекла, выращенная в засушливые годы.* При правильном проведении процесса предварительной дефекации пенение не такое интенсивное и практически не вызывает трудностей;

- *насос, перекачиваемый сок, захватывает воздух.* Подобное явление имеет место при неправильно подобранном насосе по производительности. Воздух может захватываться через сальниковые уплотнения, на мезголовушках, при перекачивании сока из сборника, уровень в котором не постоянен. Пена образуется при аэрации сока за счет механического перемешивания, при движении сока в незаполненной Части трубопровода. В таких случаях наблюдается сильное пенение преддефекованного сока, и для устранения этого необходимо отрегулировать работу насоса, или заменить его;

- *неисправность трубопроводов или запорной арматуры.* Проверить состояние трубопроводов и арматуры;

- *неправильное направление вращения вала перемешивающего устройства, высокая или низкая скорость его вращения.* Необходимо изменить направление вращения вала мешалки. Поворотная заслонка должна «отрезать» и поворачивать в смежную камеру часть сока, движущегося вслед

за перемешивающими лопастями. Нужно отрегулировать обороты перемешивающего устройства (нормативное число оборотов для 6-секционного аппарата — 14,5 об/мин., 8-секционного — 7,5 об/мин.);

- *инфицированность сока микроорганизмами.* При правильном проведении дезинфекции диффузионных аппаратов опасность инфицирования незначительна. Однако при холодной и полутеплой преддефекации вследствие заражения микроорганизмами химические и физико-химические свойства сока сильно ухудшаются. Зараженность сока микроорганизмами можно определить по его спонтанному брожению. Падение величины рН пробы после ее термостатирования в течение 4 часов при 56 °С более чем на единицу свидетельствует о сильной зараженности микроорганизмами преддефекатора. Для устранения этого нужно добавить соответствующие дезинфицирующие средства в диффузионный аппарат.

#### 5.2.4. Общие вопросы по проведению преддефекации

Для качественного проведения процесса преддефекации необходимо обеспечивать бесперебойную работу автоматических контуров регулирования соотношений: «диффузионный сок — возвраты» по заданному процентному соотношению, а также «диффузионный сок — известковое молоко» по заданному процентному соотношению.

*Оптимальные значения рН или щелочности.* При проведении процесса преддефекации не может быть четко обозначенного оптимального значения рН или щелочности, так как в зависимости от состава несахаров диффузионного сока, температуры и продолжительности процесса зона оптимальной коагуляции веществ коллоидной дисперсности (ВКД) и высока молекулярные соединения (ВМС) растянута в интервале рН 10,8—11,8. Величина рН тем выше, чем выше натуральная щелочность.

При переработке свеклы хорошего качества рН 11,0 преддефекованного сока обычно достигается при щелочности фильтрованного преддефекованного сока 0,09—0,10 % СаО, при этом щелочность фильтрованного преддефекованного сока примерно равна щелочности сока I сатурации.

При переработке свеклы, выращенной в засушливое лето, рН 11,0 на преддефекации достигается при более высокой щелочности фильтрованного преддефекационного сока. Величина этой щелочности может находиться в пределах 0,18—0,25 % СаО, а иногда может достигать даже 0,35

% СаО, вто время как на I сатурации рН 11,0 достигается при щелочности 0,14—0,15 % СаО. При этом на преддефекации ощущается сильный аммиачный запах. Выделение аммиака, высокая щелочность преддефекованного сока говорят о наличии в соке аммиака в свободном состоянии или же о начинающемся на диффузии и продолжающемся на преддефекации гидролизе амидов. При переработке такой свеклы повышается и щелочность нефильтрованного преддефекованного сока.

При переработке диффузионных соков с высоким содержанием редуцирующих веществ и декстрана полезно уменьшать рН преддефекации, иногда даже до 9—9,5 для облегчения фильтрования сатурационных осадков. Обычно при переработке такой свеклы при рН 5,9-6,0 начинается коагуляция коллоидов, при рН 8,5-9,6 она достигает максимума. При повышении рН до 10,3—10,8 осадок исчезает, сок темнеет. При рН 11,0 осадок настолько диспергирован, что сок становится мутным. Коагуляция наступает вновь лишь при очень высоком добавлении извести.

При переработке свеклы, пораженной вирусным заболеванием — ризоманией, рН на преддефекации необходимо поддерживать более высоким — 11,5—11,8.

Параметры проведения преддефекации не могут быть жестко установлены и нуждаются в корректировке при поступлении в переработку свеклы разного качества. Проводя процесс преддефекации при оптимальной щелочности (рН), можно свести к минимуму нежелательное разложение коллоидов в условиях высокой щелочности на основной дефекации, повысить эффект очистки сока.

Критерием оптимального рН или щелочности преддефекации являются скорость отстаивания твердой фазы, прозрачность и минимальная цветность преддефекованного сока, минимальное содержание в фильтрате белков.

Необходимо иметь в виду, что с известковым молоком в преддефекатор поступают твердые частички, которые оседают и накапливаются.

Следует один раз в смену продувать аппарат, для чего на 0,5—1 мин. открывают продувочную заслонку. Окончание выхода осевших примесей определяют по повышению уровня в сборнике продувок.

*Возвраты и рН-пауза.* Проводя прогрессивную преддефекацию, важно установить момент рН-паузы, при котором наступает стабилизационный эффект ВКД и ВМС и время ввода центров коагуляции с положи-

тельным зарядом.

Одним из таких показателей является минимум электропроводности системы, что обычно соответствует  $pH_{20}$  8—9 в диффузионном соке низкого качества и  $pH_{20}$  около 9,5—10 в соке высокого качества.

Обычно  $pH$ -паузу определяют для свеклы различного качества в условиях лаборатории.

Примерную зависимость оптимального  $pH_{20}$  для ввода центров коагуляции от чистоты диффузионного сока ( $Ч_{дс}$ ) с учетом минимальной удельной электропроводности можно представить уравнением:

$$pH_{20} = 0,189 \times Ч_{дс} - 6,67, \quad (2)$$

где  $pH_{20}$  — значение  $pH$  (щелочности) в том месте прогрессивной преддефекации, куда нужно подавать возврат сгущенной суспензии или нефильтрованного сока I сатурации, единиц;  $Ч_{дс}$  — чистота диффузионного сока, %.

В этой зоне необходимо выдержать сок в течение нескольких минут сюда же полезно добавить осадок  $CaCO_3$ .

Единственный продукт, в котором осадок карбоната кальция содержится в почти чистом виде, — это суспензия осадка сока II сатурации, количество которого достаточно для преддефекации, если используется вторая основная дефекация перед II сатурацией. Суспензия осадка сока II сатурации является лучшим возвратом на преддефекацию, если количество осадка соответствует расходу около 0,5 %  $CaO$ .

Сгущенную суспензию сока II сатурации необходимо подавать в первую зону преддефекатора вместе с диффузионным соком. Не допускается смешение суспензии сока II сатурации с нефильтрованным соком I сатурации или суспензией сока I сатурации при возврате на преддефекацию.

Необходимое количество возврата на преддефекацию зависит от содержания общей извести в рециркуляте (возврате) и преддефекованном соке.

При возврате сгущенной суспензии сока II сатурации (от 7 % до 10 % к массе свеклы) необходимо добавлять суспензию сока I сатурации или нефильтрованный сок I сатурации в количестве 40—50 % к массе све-клы, что обеспечит общее содержание в преддефекованном соке 0,8—1,1 %  $Ca$  к массе сока по метилоранжу или смешанному индикатору.

### 5.3. Основная дефекация

Главная задача основной дефекации — удаление нес сахаров и создание избытка гидроксида кальция для получения необходимого количества кристаллического карбоната кальция на I сатурации, а также получение термоустойчивого очищенного сока, технологические свойства которого должны мало изменяться в процессе его сгущения на выпарной станции. Термоустойчивость очищенного сока зависит от содержания в нем редуцирующих веществ и амидов, т.е. от степени их разложения на преддефекации и основной дефекации.

На основную дефекацию расходуется примерно 2/3 всей извести, предназначенной для очистки диффузионного сока. Основную дефекацию проводят в две ступени: холодная или теплая дефекация в течение 20—30 мин. при температуре 45—60 °С и горячая дефекация — при 85—90 °С.

Двухступенчатость основной дефекации обусловлена тем, что согласно принципу Ле Шателье при низких температурах значение активной щелочности (известь в растворе и в сахарате кальция) значительно выше, чем при высоких. Когда сок нагревают до 85—90 °С, то значительная часть сахарата кальция не разрушается, и таким образом сохраняется повышенная активная щелочность, что активизирует реакции разложения нес сахаров.

Горячая дефекация продолжается не более 8—10 мин. За это время реакции разложения в основном завершаются, и дальнейшее нагревание будет способствовать ухудшению фильтрационных свойств сока I сатурации.

#### 5.3.1. Поведение нес сахаров на дефекации

В диффузионном соке хорошего качества содержится *редуцирующих веществ* менее 0,15 % к массе свеклы, ухудшенного качества — более 0,25 %. В случае переработки сильно поврежденной свеклы содержание редуцирующих веществ может превышать 1 %.

Необходимость разложения редуцирующих веществ на станции очистки обусловлено тем, что в этом случае имеется возможность адсорбции на  $CaCO_3$  на I сатурации удалить часть красящих веществ и кислот, образуя-



щихся при разложении редуцирующих веществ.

При очень высоком содержании редуцирующих веществ желательно не разлагать их полностью, чтобы облегчить осаждение и фильтрование. Однако при этом неизбежно разложение редуцирующих веществ в процессе выпаривания, сопутствующие ему падение щелочности и разложение сахарозы.

Падение щелочности при выпаривании не будет иметь место, если содержание остаточных редуцирующих веществ в очищенном соке не превышает 0,02—0,03 %. Это признак получения термоустойчивого сока.

С технологической точки зрения для сахарного производства разложение редуцирующих веществ необходимо провести так, чтобы при этом меньше образовывалось красящих веществ и, соответственно, их влияние на качество очищенного сока и сиропа было по возможности меньше. Этого можно достичь, проводя разложение редуцирующих веществ на основной дефекации, сведя их разложение на преддефекации к минимуму.

Красящие вещества, образовавшиеся при низкой щелочности, удаляются значительно хуже при сатурировании (при одинаковом расходе извести), чем при высокой щелочности, т.е. в присутствии не растворившихся частичек Са(ОН).

Глубина реакций разложения нес сахаров на основной дефекации зависит от активной щелочности, обусловленной растворенными в соке гидроксидами кальция, калия, натрия, а также от температуры и продолжительности процесса.

*Амиды* в сравнении с редуцирующими веществами более устойчивы, поэтому они в меньшей степени разлагаются в процессе известково-углекислотной очистки.

В диффузионном соке хорошего качества содержание амидов около 0,01 %, в свекле ухудшенного качества — значительно больше (до 0,1%).

На основной дефекации обычно разлагается лишь 10—40 % амидо-аммиачного азота диффузионного сока.

Азотсодержащие соединения разрушаются при длительном воздействии высокой концентрации ОН-ионов в интервале температур 40—90 °С. Реакции разложения азотсодержащих соединений на основной дефекации завершаются выделением аммиака. Накопление аммиака в соке заметно интенсифицирует образование и конденсацию красящих веществ, при этом активизируются реакции взаимодействия продуктов распада

редуцирующих веществ с аммиаком. Эти реакции усиливаются при сгущении сока выпариванием на выпарной установке и уваривании utfелей.

Жесткий режим дефекации может обеспечить высокую термоустойчивость очищенного сока только в том случае, если в диффузионном соке содержится небольшое количество амидоаммиачного азота. В этом случае удаление аммиака на выпарной станции не приведет к снижению щелочности ниже допустимой. При высоком содержании амидов в диффузионном соке длительная комбинированная дефекация способствует их разложению, что приводит к накоплению аммиака в соке и снижению термоустойчивости сока после очистки.

Важным условием повышения качественных показателей очищенного сока и его термоустойчивости является максимальное удаление из сока аммиака, образуемого при глубоком разложении амидов на дефекации.

В литературе имеются указания на то, что аэрирование способствует удалению аммиака, а это в свою очередь приводит к более полному разложению амидов.

Один из способов, обеспечивающих высокую термоустойчивость сока, является его аэрирование — вдувание в него на основной дефекации воздуха, кислорода или озона, способствующих более полному разложению редуцирующих веществ и амидов, а также удалению аммиака. При этих условиях уменьшается образование трудноудаляемых красящих веществ, что снижает цветность соков и сиропов, но при этом образуются кислоты (количество их увеличивается на 15 %) и уменьшается эффект удаления солей кальция. Однако предпочтительнее получать более термоустойчивые и менее окрашенные соки, несмотря на повышенное содержание в них солей кальция.

На основании лабораторных и производственных исследований по кавитационно-аэрационной обработке дефекованного сока ВНИИСП рекомендовал выдерживать следующие технологические условия: автоматически поддерживать подачу воздуха в сок в пределах 0,8—1,2 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> сока с корректировкой его количества в зависимости от качества свеклы; при наличии 10-минутной горячей дефекации в схеме с комбинированной основной дефекацией сокращать до 10 мин. длительность ее холодной ступени. При выполнении этих условий сок получается более термоустойчивый, чем по типовой технологии.

Наибольший технологический эффект достигается при одновременной

азрации сока на основной дефекации и дефекации перед II сатурацией: цветность сока снижается на 20 %, сиропа — на 15 %.

Следовательно, дефекация с глубоким разложением амидов может быть оправдана в том случае, когда будут приняты меры по удалению аммиака еще до II сатурации, причем, эффективность удаления аммиака возрастает, если его начинают удалять на стадии образования, т.е. на основной дефекации.

Сложность удаления азотсодержащих соединений, главным образом амидоаммиачного азота, объясняется многостадийностью реакций разложения и образованием на основе этих продуктов новых, более устойчивых соединений.

*Белковые вещества* под действием извести частично расщепляются, образуя смесь растворимых полипептидов, имеющих по сравнению с белками значительно больше концевых аминных групп, активно участвующих в химических реакциях.

### 5.3.2. Продолжительность дефекации и температура

На стадии дефекации протекают реакции разложения редуцирующих веществ и амидов.

Термоустойчивость соков зависит от продолжительности основной дефекации, температуры.

При переработке свежей и нормально сохранившейся свеклы обычно удается разложить вышеуказанные сахара в относительно «мягких» условиях основной дефекации (продолжительность 5 мин. и температура 85—88 °С).

Редуцирующие вещества в щелочной среде разлагаются быстро с образованием многочисленных продуктов, которые могут быть разбиты на три группы: органические кислоты, образующие растворимые соли кальция, а также красящие и коллоидные вещества. Через 10 мин. нагревания при 50 °С около 70 % редуцирующих веществ превращается в органические кислоты, а при 85 °С разрушаются все редуцирующие сахара. Образующиеся продукты распада обладают остаточными редуцирующими свойствами (10—15 % от первоначальных), поэтому даже после полного разложения моносахаридов анализ будет показывать наличие редуцирующих веществ.

При переработке высокоазотистой свеклы наблюдается падение рН на

верстате завода, вызывающее разложение сахарозы, коррозию оборудования. «Ужесточение» условий основной дефекации (удлинение, повышение температуры) способствует повышению термоустойчивости сока, но вызывает ухудшение фильтрационной способности сока I сатурации, повышение содержания растворимых солей кальция, затруднения в уваривании и кристаллизации утфелей, повышение содержания сахарозы в мелассе.

При переработке гнилой свеклы и свеклы, поврежденной морозом, имея затруднения в отстаивании и фильтровании сока I сатурации, длительность и температуру основной дефекации приходится снижать, несмотря на ухудшение термоустойчивости соков.

При переработке свеклы низкого качества продолжительность основной дефекации уменьшают или совсем исключают, подавая известковое молоко в поток сока перед сатуратором. Преддефекацию сока сохраняют для подавления сильного пенения сока. Такой процесс обработки диффузионного сока без основной дефекации называют дефекосатурацией. При этом на дефекосатурацию возвращают необходимое количество нефилтрованного сока I сатурации — от 300 до 600 %.

Следует учитывать, что нерастворимые пектиновые вещества (протопектин) попадают в диффузионный сок с мезгой и на дефекации под воздействием гидроксильных ионов переходят в раствор (гидратопектин). При коротком контакте с известью гидратопектин образует с известью легкофильтрующийся осадок пектината кальция, а при длительной основной дефекации, особенно горячей, гидратопектин разрушается до метилового спирта, уксусной и полигалактуроновой кислот. Полигалактуроновая кислота образует с кальцием труднофильтруемый слизистый осадок пектата кальция.

Белковые вещества под действием извести частично расщепляются, образуя смесь растворимых полипептидов, имеющих по сравнению с белками значительно больше концевых аминных групп, активно участвующих в химических реакциях.

Из рисунка 1 видно, что при очистке диффузионного сока среднего качества ( $Ч = 88,4\%$ ) даже при длительности горячей стадии дефекации 20 мин при 90 °С растворяется менее 0,05 % белкового коагулята преддефекационного осадка, тогда как для сока плохого качества  $СЧ = 83,9\%$  за то же время растворяется около 0,16 %, т.е. в 3 раза больше ( $\Delta c$  — прирост

содержания растворенного белка).

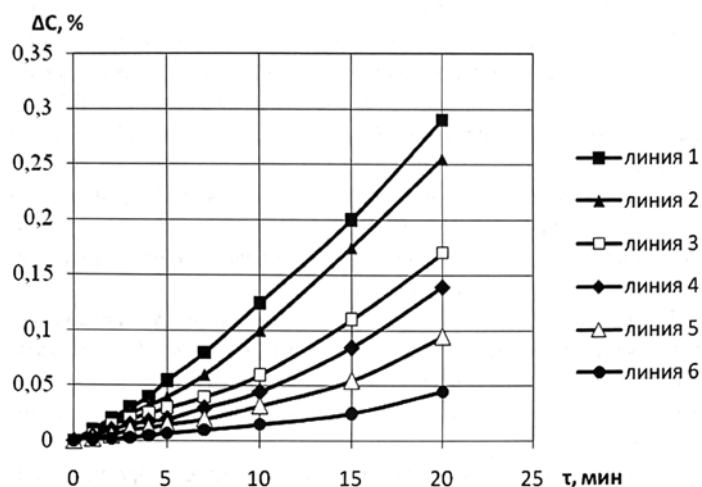


Рис. 1. Динамика перехода белкового коагулята из осадка в раствор при температуре горячей стадии комбинированной дефекации 90°C и различной чистоты диффузионного сока: 1 — 80,5 %; 2 — 81,4%; 3 — 83,9 %; 4 — 84,7 %; 5 — 86%; 6 — 88,4 %

Таким образом, учитывая то, что для полного разложения инвертного сахара при 90 °С достаточно 5—7 мин, оптимальную длительность горячей стадии целесообразно устанавливать по величине допустимой степени растворения белкового коагулята преддефекационного осадка.

Таблица 4. Технологические параметры процесса основной дефекации

Показатели	Дефекация по типовой схеме очистки			Дефекация по горячей схеме очистки
	холодная	теплая	горячая	
Температура, °С	40-50	50-60	85-90	85-90
Расход извести, % к массе несахаров диффузионного сока	85-120	85-120	—	85-120
Оптимальная длительность с учетом возвратов, мин.	10-15	10-15	5-10	10-15
Щелочность дефекованного сока, % СаО:				
по фенолфталеину	0,8-1,2	0,8-1,2	0,8-1,2	0,8-1,2
по метилоранжу	1,5-2,7	1,5-2,7	1,5-2,7	1,5-2,7

Рекомендуется применять метод определения оптимальной длительности горячей стадии дефекации по комплексному критерию: максимизации распада инвертного сахара и минимизации растворения белкового коагулята. Причем, если для диффузионных соков с чистотой 87 % и выше можно принять оптимальное время горячей стадии дефекации около 10 мин, то с  $\text{Ч} < 84\%$  оно должно быть не более 5 мин.

В табл. 4 приведены технологические параметры процесса основной дефекации.

### 5.3.3. Недостаточное количество извести

Установлено, что теоретическое рациональное суммарное количество активной извести на очистку, в зависимости от качества свеклы, составляет 85—120 % к массе несахаров диффузионного сока. Обычно расход извести на очистку колеблется в пределах 1,7—2,8 % к массе свеклы.

Для установления расхода извести применяется следующая зависимость, предложенная Шнайдером: при высокой чистоте диффузионного сока следует добавлять 80 % активной извести к несахарам диффузионного сока, при низкой — 100 %.

Иногда при переработке свеклы сильно пониженного качества расход извести может составлять 120 % к несахарам и даже 150 %. Доказано, что в этих условиях с увеличением количества извести на стадии дефекации улучшается качество очищенного сока и его фильтрационные свойства.

Следовательно, оптимальное, экономически целесообразное количество извести зависит от качества диффузионного сока, его чистоты.

Поверхность свежееобразовавшегося карбоната кальция имеет положительный электрокинетический потенциал ( $\zeta$ -потенциал), а несахара, обладающие поверхностью раздела фаз (вещества коллоидной дисперсности и др.), заряжены отрицательно. Чем больше ( $\zeta$ -потенциал на поверхности  $\text{CaCO}_3$ , тем активнее будет протекать на нем адсорбция несахаров.

Величина  $\zeta$ -потенциала  $\text{CaCO}_3$  зависит от расхода извести по отношению к массе несахаров в диффузионном соке, что подтверждается экспериментальными данными (рис. 2).

При расходе 80 % Са к массе несахаров диффузионного сока  $\zeta$ -потенциал равен 0, т.е. поверхность кристаллов  $\text{CaCO}_3$  нейтральна и неспособ-

на адсорбировать несахара. При расходе 120 % CaO к массе несахаров диффузионного сока положительный заряд на  $\text{CaCO}_3$  равен 10 милливольт (мВ), и такие кристаллы активно адсорбируют несахара.

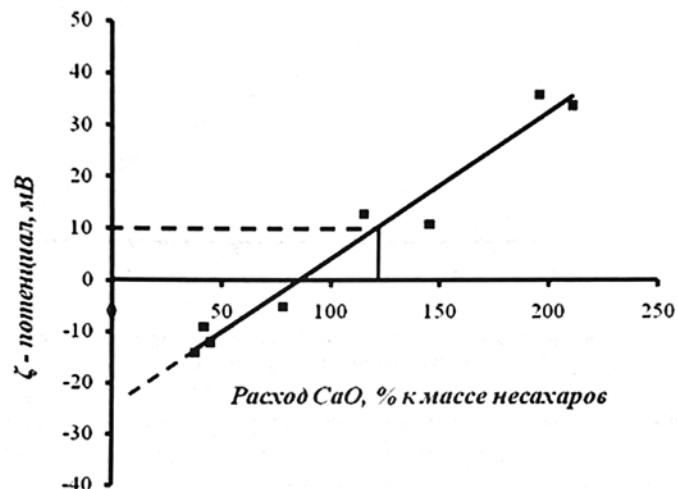


Рис. 2. Изменение  $\zeta$ -потенциала сатурационного осадка в зависимости от расхода CaO на очистку диффузионного сока.

Следовательно, если кристаллы карбоната кальция, например, в суспензии или соке I сатурации имеют нейтральный или отрицательный заряд, то возврат их на преддефекацию нецелесообразен. Активность кристаллов  $\text{CaCO}_3$  регулируют, изменяя расход CaO в зависимости от содержания несахаров в диффузионном соке. Содержание несахаров в диффузионном соке зависит от величины откачки диффузионного сока: чем она меньше, тем выше содержание несахаров в откачиваемом диффузионном соке.

В зависимости от качества диффузионного сока на основании опытных данных рекомендуется примерный расход извести на очистку диффузионного сока (рис. 3). Рекомендуется повышать расход извести на дефекацию при переработке свеклы, пораженной слизистым бактериозом.

Можно уменьшить расход извести, если применять специальные реагенты и флокулянты.

На дефекации активно действует только свободная (активная) известь, а известь, связанная в сахараты кальция, инертна, поэтому в растворах

различают активную и суммарную (общую) щелочность.

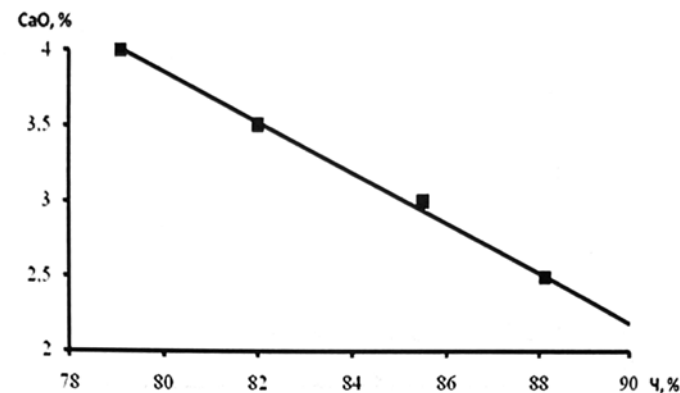


Рис. 3. Примерный расход извести (CaO) на очистку диффузионного сока в зависимости от его качества

Активная щелочность характеризуется наличием в растворе свободной извести, т.е. тем количеством извести, которое растворено в воде.

Суммарная (общая) щелочность характеризуется суммой свободной извести и извести, связанной сахаратами кальция (при 80°C в 10 %-ном растворе сахарозы около 0,185 % CaO).

В табл. 5 приведен примерный расход извести (в % CaO к массе свеклы) на очистку диффузионного сока (при расходе извести 100 и 120% к массе несахаров диффузионного сока) с учетом содержания в нем сухих веществ (при откачке 100, 105, 110, 120 % к массе свеклы).

Основным условием ведения процесса основной дефекации является поддержание в дефекованном соке постоянного содержания оксида кальция (CaO), быстрое и интенсивное перемешивание сока с известковым молоком. Колебание расхода извести на дефекацию влияет не только на качество очищенного сока, но и на проведение процесса сатурации. Причины колебания расхода извести на дефекацию:

- колебание плотности известкового молока;
- неудовлетворительная работа дозатора известкового молока;
- неравномерность потока очищаемого сока и возвратов на преддефекацию;
- остановка привода перемешивающего устройства, обрыв вала дефекатора.

Таблица 5. Примерный расход извести (в % СаО к массе свеклы) на очистку диффузионного сока (при расходе извести 100и 120 % к массе несахаров диффузионного сока) с учетом содержания в нем сухих веществ

Содержание сухих веществ в диффузионном соке		при чистоте диффузионного сока:																																							
		при откочке из диффузии 100 % к массе свеклы										при откочке из диффузии 105 % к массе свеклы																													
		84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	18,0	2,88	3,46	2,52	3,02	2,16	2,59	1,8	2,16	1,44	1,73	3,02	3,63	2,65	3,18	2,27	2,72	1,89	2,27	1,51	1,81
17,5	2,8	3,36	2,45	2,94	2,1	2,52	1,75	2,1	1,4	1,68	2,94	3,53	2,57	3,09	2,21	2,65	1,84	2,21	1,47	1,76	17,0	2,72	3,26	2,38	2,86	2,04	2,45	1,7	2,04	1,36	1,63	2,86	3,43	2,50	3,00	2,14	2,57	1,79	2,14	1,43	1,71
16,5	2,64	3,17	2,31	2,77	1,98	2,38	1,65	1,98	1,32	1,58	2,77	3,33	2,43	2,91	2,08	2,49	1,73	2,08	1,39	1,66	16,0	2,56	3,07	2,24	2,69	1,92	2,30	1,6	1,92	1,28	1,54	2,69	3,23	2,35	2,82	2,02	2,42	1,68	2,02	1,34	1,61
15,5	2,48	2,98	2,17	2,60	1,86	2,23	1,55	1,86	1,24	1,49	2,60	3,12	2,28	2,73	1,95	2,34	1,63	1,95	1,30	1,56	15,0	2,4	2,88	2,1	2,52	1,8	2,16	1,5	1,8	1,2	1,44	2,52	3,02	2,21	2,65	1,89	2,27	1,58	1,89	1,26	1,51
14,5	2,32	2,78	2,03	2,44	1,74	2,09	1,45	1,74	1,16	1,39	2,44	2,92	2,13	2,56	1,83	2,19	1,52	1,83	1,22	1,46	14,0	2,24	2,69	1,96	2,35	1,68	2,02	1,4	1,68	1,12	1,34	2,35	2,82	2,06	2,47	1,76	2,12	1,47	1,76	1,18	1,41
13,5	2,16	2,59	1,89	2,27	1,62	1,94	1,35	1,62	1,08	1,30	2,27	2,72	1,98	2,38	1,70	2,04	1,42	1,70	1,13	1,36	13,0	2,08	2,50	1,82	2,18	1,56	1,87	1,3	1,56	1,04	1,25	2,18	2,62	1,91	2,29	1,64	1,97	1,37	1,64	1,09	1,31
12,5	2	2,40	1,75	2,10	1,5	1,80	1,25	1,5	1	1,20	2,10	2,52	1,84	2,21	1,58	1,89	1,31	1,58	1,05	1,26																					

Содержание сухих веществ в диффузионном соке		при чистоте диффузионного сока:																																							
		при откочке из диффузии 100 % к массе свеклы										при откочке из диффузии 105 % к массе свеклы																													
		84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	18,0	3,17	3,80	2,77	3,33	2,38	2,85	1,98	2,38	1,58	1,90	3,46	4,15	3,02	3,63	2,59	3,11	2,16	2,59	1,73	2,07
17,5	3,08	3,70	2,70	3,23	2,31	2,77	1,93	2,31	1,54	1,85	3,36	4,03	2,94	3,53	2,52	3,02	2,10	2,52	1,68	2,02	17,0	2,99	3,59	2,62	3,14	2,24	2,69	1,87	2,24	1,50	1,80	3,26	3,92	2,86	3,43	2,45	2,94	2,04	2,45	1,63	1,96
16,5	2,90	3,48	2,54	3,05	2,18	2,61	1,82	2,18	1,45	1,74	3,17	3,80	2,77	3,33	2,38	2,85	1,98	2,38	1,58	1,90	16,0	2,82	3,38	2,46	2,96	2,11	2,53	1,76	2,11	1,41	1,69	3,07	3,69	2,69	3,23	2,30	2,76	1,92	2,30	1,54	1,84
15,5	2,73	3,27	2,39	2,86	2,05	2,46	1,71	2,05	1,36	1,64	2,98	3,57	2,60	3,12	2,23	2,68	1,86	2,23	1,49	1,79	15,0	2,64	3,17	2,31	2,77	1,98	2,38	1,65	1,98	1,32	1,58	2,88	3,46	2,52	3,02	2,16	2,59	1,80	2,16	1,44	1,73
14,5	2,55	3,06	2,23	2,68	1,91	2,30	1,60	1,91	1,28	1,53	2,78	3,34	2,44	2,92	2,09	2,51	1,74	2,09	1,39	1,67	14,0	2,46	2,96	2,16	2,59	1,85	2,22	1,54	1,85	1,23	1,48	2,69	3,23	2,35	2,82	2,02	2,42	1,68	2,02	1,34	1,61
13,5	2,38	2,85	2,08	2,49	1,78	2,14	1,49	1,78	1,19	1,43	2,59	3,11	2,27	2,72	1,94	2,33	1,62	1,94	1,30	1,56	13,0	2,29	2,75	2,00	2,40	1,72	2,06	1,43	1,72	1,14	1,37	2,50	3,00	2,18	2,62	1,87	2,25	1,56	1,87	1,25	1,50
12,5	2,20	2,64	1,93	2,31	1,65	1,98	1,38	1,65	1,10	1,32	2,40	2,88	2,10	2,52	1,80	2,16	1,50	1,80	1,20	1,44																					

### 5.3.4. Другие отклонения в процессе дефекации

*Поступление преддефекованного сока в аппарат основной дефекации через чересную коммуникацию преддефекатора.*

К возможным причинам можно отнести: остановка мешалки, износ крыльчатки, отключение электродвигателя.

*Пенообразование.*

Возможные причины:

- нарушение работы диффузионной установки, особенно при переработке свеклы ухудшенного качества. Необходимо наладить работу на диффузии в соответствии с качеством свеклы, выдерживая оптимальную температуру;
- изменение качества перерабатываемой свеклы. Подобрать оптимальный технологический режим работы диффузии, аппарата преддефекации, основной дефекации (длительность, щелочность, температура);
- нарушение температурного режима на горячей ступени дефекации (перегрев или недогрев сока). Необходимо вывести работу подогревателей на заданный режим, использовать пеногаситель;
- недостаточный диаметр трубы для подвода дефекованного сока в сатуратор или нерациональная конструкция переливного кармана аппарата.

## 5.4. I сатурация

Цель I сатурации — достижение максимального эффекта адсорбционного удаления карбонатом кальция растворенных несахаров, прежде всего анионной природы.

На I сатурации в той или иной степени адсорбируются продукты разложения редуцирующих веществ, красящих веществ, органические безазотистые кислоты, аминокислоты, амиды. Обычно эффект очистки сока на I сатурации составляет 40 % от общего.

В табл. 6 представлены технологические параметры и основные требования к процессу I сатурации.

Таблица 6. Технологические параметры и основные требования к процессу I сатурации

Параметры	Значение
Длительность процесса, мин.	10
Температура процесса, °С	80-85
Значение рН <sub>20</sub> сока	10,8-11,4
Содержание СО <sub>2</sub> в сатурационном газе	32-36
Фильтрационный коэффициент, F <sub>к</sub>	4-5
Скорость отстаивания, см/мин.	2,5-3,0
Объем осадка, %	20-35

Далее рассмотрим возможные нарушения ведения технологического режима I сатурации.

### 5.4.1. Пересатурирование сока

При определении момента окончания процесса I сатурации руководствуются следующим правилом: недосатурированный сок содержит меньше несахаров, но плохо фильтруется, а пересатурированный сок лучше фильтруется, но меньше удерживает несахаров на карбонате кальция.

На практике пользуются понятием «оптимальная щелочность сока I сатурации», т.е. это максимальная щелочность, при которой фильтрационное оборудование работает эффективно. В зависимости от качества свеклы оптимальная щелочность может колебаться от 0,06 до 0,15 % СаО.

Работу фильтрационного оборудования определяют по фильтрационному коэффициенту F<sub>к</sub>, значение которого должно быть в пределах 1-5, но не более 10. Оптимальную щелочность фиксируют по содержанию солей кальция и регулируют автоматически по показаниям рН-метра.

Оптимальная щелочность (рН) сока I сатурации обычно отвечает той щелочности, которая соответствует оптимальному рН<sub>20</sub> преддефекованного сока (10,5—11,6).

Поддержание высокой оптимальной щелочности на I сатурации имеет большое значение для предохранения выпарки от загорания, так как

при этой щелочности происходит более полное удаление слаборастворимых солей кальция.

Пересатурация сока I сатурации приводит к ухудшению качества сока. Оно связано с переходом из осадка в раствор части коллоидов и красящих веществ.

Улучшение фильтрационных свойств сока за счет снижения щелочности при пересатурации недопустимо. Если возникают трудности при фильтровании, то следует выявить их причины и устранить. А щелочность сока на I сатурации должна быть оптимальной, так как только в этом случае можно получить желаемый эффект при очистке.

Если даже при снижении щелочности сока I сатурации не наблюдается повышение цветности сока, то все равно такая работа приводит к нежелательным последствиям. Установлена зависимость уменьшения эффективной щелочности при снижении pH сока I сатурации за счет перехода в раствор труднорастворимых солей кальция. Это приводит к повышенному отложению инкрустаций в выпарных аппаратах, увеличению расхода соды. Рекомендуется поддерживать щелочность выше щелочности, определяемой по скорости осаждения  $\text{CaCO}_3$  в случае высокого содержания в соке силикатов, цитратов, сульфатов с целью уменьшения «загорания» выпарки согласно исследованиям Рейнефельда, Моллера.

Так же стоит учесть, что при pH более 11,2 полностью удаляется аммиак.

Установлено, что одной из причин снижения скорости кристаллизации при уваривании утфелей, увеличения содержания сахара в мелассе может являться повышенное содержание коллоидов в продуктах, вызванное выдерживанием на I сатурации низкой щелочности, необходимой для улучшения осаждения  $\text{CaCO}_3$  в соке I сатурации. В качестве одного из критериев для установления оптимального pH сока I сатурации рекомендуется минимальное содержание коллоидов в соке.

В этой связи применение пересатурации сока I сатурации можно считать как крайнюю меру для улучшения седиментационно-фильтрационных показателей сока I сатурации.

Особенно важно работать с повышенной щелочностью при переработке свеклы, выросшей в условиях дефицита влаги, с высоким содержанием азотистых веществ. По мере ухудшения качества свеклы pH I сатурации снижается, значительная часть щелочности сока I сатурации

является аммиачной. Известны случаи, когда pH 11,0 на I сатурации достигалось при щелочности 0,20—0,25 %  $\text{CaO}$ . Если не учитывать это, сок приобретает свойства пересатурованного, что отрицательно сказывается на качественных показателях очистки.

С учетом выше изложенного, при установлении оптимального pH сока I сатурации следует учитывать щелочность сока, содержание солей кальция в нем, натуральную щелочность, скорость осаждения  $\text{CaCO}_3$ , фильтрационный коэффициент.

### 5.4.2. Недосатурация сока и образование пены

Высокая щелочность сока I сатурации вызывает не только затруднения при фильтрации и отстаивании сока, но и способствует увеличению потерь сахара в фильтрационном осадке вследствие неполного разложения углекальциевых сахаратов.

Недосатурация сока обычно связана с низким содержанием  $\text{CO}_2$  в сатурационном газе. Причиной недосатурации также может быть недостаточное время пребывания сока в I сатураторе, колебания плотности известкового молока, неудовлетворительная работа дозатора известкового молока и неритмичная работа завода.

При ухудшении качества известкового молока может повышаться щелочность сока I сатурации после контрольного ящика. При этом необходимо пересмотреть и изменить режим обжига известнякового камня.

Степень пенообразования в сатураторах зависит от условий сатурации и качества перерабатываемой свеклы. При проведении сатурации в сатураторах непрерывного действия при оптимальной щелочности образование пены незначительно.

Образование пены в сатураторах обычно имеет место при переработке свеклы, выращенной в засушливые годы, и порченой свеклы.

Причины сильного пенения сока:

- плохо проведенные процессы преддефекации и основной дефекации;
- низкая температура или перегрев на стадии дефекации;
- низкая температура (ниже 70 °С) в котле I сатурации;
- повышенная щелочность сока в сатураторе;
- низкое содержание  $\text{CO}_2$  в сатурационном газе;

- повышенное давление подаваемого сатурационного газа;
- высокий уровень сока в сатураторе;
- много сапонина в свекле.

Необходимо привести в соответствие величину давления подаваемого сатурационного газа с уровнем сока в аппарате.

Для борьбы с пенением применяют поверхностно-активные вещества. Из механических способов пеногашения хорошо зарекомендовало себя пеногашение за счет ввода пара или сока.

При пенении часть недосатурированного сока вместе с пеной по чересной коммуникации может попадать в нормально отсатурированный сок.

Иногда в производстве встречается ситуация, при которой из контрольного ящика периодически выбрасывается сок. Это может наблюдаться при загорании газораспределительных устройств в сатураторе.

### 5.4.3. Нарушение оптимальной длительности процесса I сатурации

В настоящее время нормальная продолжительность I сатурации считается 8—10 минут. Продолжительность I сатурации влияет на эффект адсорбции.

Так, при проведении процесса сатурации в течение более короткого времени получается тонкодисперсный (мелкий) осадок с большей поверхностью, что улучшает процесс адсорбции — больше удерживает отрицательно заряженных веществ коллоидной дисперсности и других нес сахаров, сохраняя пористую структуру фильтрующего слоя. Поэтому при работе с фильтрами-сгустителями (без отстаивания сока) длительность сатурации можно сократить, получая суспензию с мелкими кристаллами. Но при наличии гравитационных отстойников сатурировать сок меньше 10 мин не следует, так как мелкие кристаллы  $\text{CaCO}_3$  плохо осаждаются.

При медленной сатурации (более 10 мин.), имеющей место обычно при обработке сока сатурационным газом с пониженным содержанием  $\text{CO}_2$  и повышенным содержанием кислорода, качество получаемого очищенного сока несколько хуже вследствие окисления сахарозы в ще-

лочной среде, приводящего к образованию дополнительного количества окрашенных веществ и растворимых солей кальция. Получается «мажущийся» (липкий) осадок, который плохо фильтруется, плохо обессахаривается.

Однако в этом случае вследствие малой растворимости  $\text{Ca(OH)}_2$  при высокой температуре суспендированные частички  $\text{CaO}$  будут полностью превращены в  $\text{CaCO}_3$  только в течение определенного времени и при хорошем перемешивании. Обычно это достигается за счет внутрикотловой рециркуляции 6-7-кратного количества сока. В противном случае, т.е. при неполном растворении частичек  $\text{Ca(OH)}_2$  они будут покрыты соответственно кристаллами  $\text{CaCO}_3$ .

Такие частички фильтрационного осадка повышают количество промоя, способствуют загрязнению фильтровальной ткани. Кроме того, за счет неиспользованной извести снижается эффект удаления нес сахаров.

Причины медленной сатурации:

- низкое содержание  $\text{CO}_2$  в сатурационном газе;
- подсосы воздуха в коммуникациях;
- высокая температура сатурационного газа;
- высокое содержание  $\text{CO}$  в сатурационном газе;
- неправильный режим работы известково-газовой печи;
- неисправность запорной арматуры;
- повышенное содержание извести в дефекованном соке.

### 5.4.4. Нарушение температурного режима

Температура I сатурации согласно технологическому режиму должна составлять 82—86 °С.

Оптимальной температурой на I сатурации также считают 83—87 °С. Но, согласно исследованиям Мюллера, температура более 80 °С вредна. При хорошо проведенных преддефекации и основной дефекации температуру можно снижать до 70—75 °С без обильного пенения сока.

С понижением температуры на I сатурации скорость абсорбции  $\text{CO}_2$  известково-сахарным раствором значительно увеличивается, но нижний температурный порог, к сожалению, ограничен обильным пенообразованием. И, наоборот, при высоких температурах сока I сатурации



(90—95 °С) пенение подавляется, но карбонат кальция кристаллизуется медленно и осадок плохо фильтруется, существенно снижаются адсорбционные свойства карбоната кальция.

Иногда наблюдается *малая скорость сатурации*, которая зависит от состава и содержания несахаров в соке, повышающих его вязкость. Особенно повышают вязкость сока пектиновые вещества, декстраны, пентозаны и вещества, содержащие -аминный азот. Наличие этих несахаров зависит как от качества перерабатываемой свеклы, так и проведения процесса обессахаривания свекловичной стружки. При очистке соков с повышенной вязкостью на сатурации следует поддерживать более высокую температуру, равную 88—90 °С.

### 5.4.5. Низкая утилизация углекислого газа

Обычно концентрация  $\text{CO}_2$  в сатурационном газе должна составлять 32—36 %,  $\text{CO}$  — 0,8—1,5 %, а с понижением концентрации  $\text{CO}_2$  до 28—30 % и увеличением  $\text{CO}$  до 2,5—3,0 % расход сатурационного газа существенно повышается, ухудшается структура сатурационного осадка.

Нормальная величина коэффициента использования  $\text{CO}_2$  в аппаратах сатурации составляет 75—80 %.

Причинами низкого коэффициента использования могут быть:

- низкий уровень сока в сатураторе;
- несовершенное распределение сатурационного газа в аппарате;
- неравномерный подвод газа на I и II сатурацию, особенно в тех случаях, когда сатурационный газ в аппараты I и II сатурации с разным уровнем сока подается по одной коммуникации. Если уровень сока в аппарате I сатурации выше, чем II сатурации, вследствие меньшего гидравлического сопротивления в аппарате II сатурации сатурационный газ будет в большем количестве проходить через этот аппарат и коэффициент использования его будет ниже;

• загорание распределительных устройств сатурационного газа. Оно зависит от продолжительности и ритмичности работы завода. Плохая, медленная сатурация в начале производства свидетельствует о том, что распределительные устройства плохо очищены.

Для повышения степени использования  $\text{CO}_2$  эксплуатируются сату-

раторы с высоким уровнем сока (6 м), производят установку специальных форсунок для распыления сока, совершенствуется распределение сатурационного газа в аппарате, используется отработанный газ II сатурации.

Насыщение сатурационного газа перед входом в сатуратор водяным паром до равновесного парциального давления при температуре сока в аппарате — также способ повышения утилизации  $\text{CO}_2$ .

### 5.4.6. Снижение степени адсорбционного удаления растворенных несахаров

Проведенные исследования по изучению степени удаления анионов кислот, белковых и красящих веществ в зависимости от рН (щелочности) I сатурации позволяют сделать следующие заключения:

- при ухудшении качества сырья степень удаления несахаров в условиях I сатурации снижается;
- степень удаления красящих веществ зависит от степени удаления анионов кислот. С увеличением содержания анионов кислот в соках степень удаления красящих веществ уменьшается;
- для достижения максимального эффекта очистки необходимо выдерживать оптимальную величину рН (щелочности), при которой достигается наибольшая степень удаления несахаров, поскольку при пере-сатурировании качество сока резко ухудшается. Наиболее интенсивно переходят в раствор красящие вещества и анионы кислот;

Таблица 7. Значения оптимальных рН и щелочности фильтрованного сока I сатурации при очистке диффузионного сока различного качества

Оптимальные параметры сока I сатурации	Чистота диффузионного сока, %				
	81,0	82,5	85,0	86,8	88,7
рН	11,2	11,1	11,15	11,15	11,0
Щелочность фильтрованного сока	0,149	0,13	0,117	0,109	0,100

- следует отметить, что зона рН, в которой происходит максимальное удаление несахаров, практически одинакова и находится в интервале 11,0—11,2. Однако, как видно из табл. 7, значения щелочности фильтро-

ванного сока при этих величинах pH различно. Это свидетельствует о том, что щелочность фильтрованного сока I сатурации (как и преддефектованного сока) является более чувствительным показателем состояния среды, чем pH;

- при определении оптимальных условий процесса I сатурации по значению pH необходимо корректировать его со значением щелочности;
- при щелочности сока I сатурации 0,09—0,11 % CaO максимальная степень удаления несахаров достигается только при переработке сырья хорошего качества (Ч диффузионного сока 86—89 %), для соков низкой чистоты (80—85 %) оптимальная щелочность составляет 0,12—0,15 % CaO.

Можно ориентировочно определить значение оптимальной щелочности фильтрованного сока I сатурации в зависимости от чистоты диффузионного сока по уравнению

$$\text{Щ}_{\text{ф.опт}} = 0,617 - \text{Ч}_{\text{диф.с}} \times 5,86 \times 10^{-3}, \quad (3)$$

где  $\text{Щ}_{\text{ф.опт}}$  — оптимальной щелочности фильтрованного сока I сатурации;

$\text{Ч}_{\text{диф.с}}$  — чистота диффузионного сока.

На рис. 4—6 приведены кривые, характеризующие степень удаления анионов кислот, белковых и красящих веществ из сока I сатурации при разных pH и Ч (чистота) диффузионного сока.

На рис. 4 приведены зависимости для диффузионного сока Ч = 81,0 %.

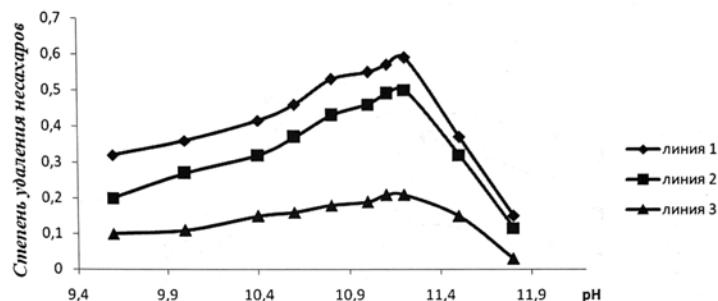


Рис. 4. Степень удаления несахаров в зависимости от pH сока I сатурации для  $\text{Ч}_{\text{диф}} = 81,0 \%$ :

1 — анионы кислот; 2 — красящие вещества; 3 — белковые вещества

Анализ данных на рисунке 4 показывает, что при снижении значения pH (щелочности) сока I сатурации от 11,8 до 11,2 степень удаления неса-

харов повышается. Причем наиболее полно (до 60 %) удаляются анионы кислот (кривая 1). Красящие вещества удаляются в несколько меньших количествах — до 50 % (кривая 2). Степень удаления белковых веществ (кривая 3) для диффузионного сока с низкой чистотой равна 21 %.

В данном случае в исследованном соке содержится основная масса деструктурированных белков.

Максимальная степень удаления анионов кислот, белковых и красящих веществ наблюдается при значении pH = 11,2 (щелочность фильтрованного сока 0,149 % CaO). В процессе дальнейшего снижения pH от 11,2 до 9,8 степень удаления несахаров уменьшается.

На рисунке 5 приводятся зависимости для диффузионного сока средней чистоты — Ч = 86,85 %.

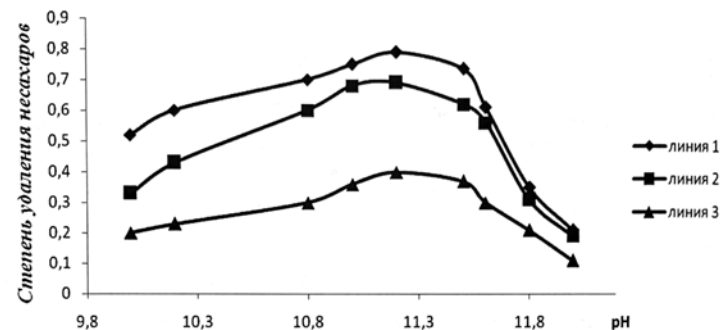


Рис. 5. Степень удаления несахаров в зависимости от pH сока I сатурации для  $\text{Ч}_{\text{диф}} = 86,85 \%$ :

1 — анионы кислот; 2 — красящие вещества; 3 — белковые вещества

Для диффузионного сока средней чистоты (рис. 5) в процессе I сатурации степень удаления анионов кислот (кривая 1) и красящих веществ (кривая 2) возрастают соответственно до 79 и 68 %, значение pH при этом составляет 11,15 (при щелочности фильтрованного сока 0,109 % CaO). Максимальная степень удаления белковых веществ (кривая 3) при этом значении pH достигает 40 %. Характер изменения кривых показывает, что при пересатурировании десорбция несахаров проходит менее интенсивно.

На рис. 6 приведены зависимости для диффузионного сока Ч = 88,7 %.

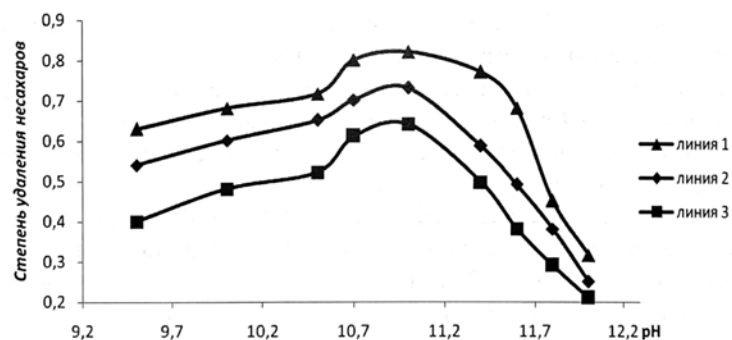


Рис. 6. Степень удаления несахаров в зависимости от pH сока I сатурации для  $Ch_{офф} = 88,7\%$ :

1 — анионы кислот; 2 — красящие вещества; 3 — белковые вещества

Для диффузионного сока  $Ch = 88,7$  адсорбционная очистка в условиях I сатурации наиболее полная. При значении  $pH = 11,0$  (щелочность фильтрованного сока 0,1 % CaO) анионы кислот удаляются на 83 % (кривая 1), красящие и белковые вещества (кривые 2, 3) — на 73 и 65 %.

Таким образом, приведенные данные указывают на тот факт, что при ухудшении качества сырья степень удаления несахаров в условиях I сатурации снижается. Для достижения максимального эффекта очистки необходимо выдерживать оптимальную величину pH (щелочности), при которой достигается наибольшая степень удаления несахаров, поскольку при пересатурации качество сока резко ухудшается.

Из приведенных зависимостей на рисунках 4—6 видно, что наиболее интенсивно переходят в раствор красящие вещества и анионы кислот.

При практикуемой в промышленности конечной щелочности сока I сатурации 0,07—0,11 % CaO максимальная степень адсорбционного удаления растворенных несахаров достигается только при переработке свеклы хорошего качества ( $Ch_{дс} = 88$  и выше).

Для диффузионных соков низкой чистоты (86 и ниже) оптимальная щелочность сока I сатурации составляет 0,12—0,17 % CaO.

Оптимальные условия проведения процесса I сатурации необходимо устанавливать, исходя из максимальной степени удаления растворенных несахаров (анионов кислот, белковых и красящих веществ) с учетом седиментационно-фильтрационных показателей соков.

### 5.4.7. Плохие седиментационные свойства сока

Отстаивание сока I сатурации характеризуется скоростью седиментации (S), которая должна быть 3,0 см/мин. и более. Низкие значения S имеют место при очистке диффузионных соков пониженного качества, высокой щелочности сока I сатурации, большом расходе оксида кальция на дефекацию, большом количестве возврата, недосатурации сока, низкой температуре сока I сатурации.

Встречающиеся неполадки в работе отстойников сока:

*Мутный декантат.* Такое нарушение возможно по следующим причинам:

- недостаточная производительность отстойника. Производительность отстойника рассчитывается на определенную скорость осаднения. Если скорость осаднения будет выше расчетной, то отстойник будет выполнять свою функцию, как при большей, так и меньшей производительности по сравнению с расчетной. При нормальной работе отстойников содержание твердой фазы в декантате составляет до 20 мг в 100 мл;

- низкая скорость осаднения. Каждый тип отстойников рассчитан на определенную скорость осаднения. Низкая скорость осаднения обычно обусловлена качеством диффузионного сока и ошибками, допущенными на станции очистки (недосатурация сока, понижение температуры, наличие пены в соке, механическое разрушение частиц осадка). При расходе извести на очистку в количестве более 1,8 % к массе свеклы седиментационные свойства сока I сатурации также ухудшаются. Значительное улучшение свойств сока I сатурации достигается при применении рециркуляции нефильтованного сока I сатурации или сгущенной суспензии. При переработке свеклы пониженного технологического качества декантат получается мутным, с мелкими частицами осадка. Для такого сока целесообразно применять флокулянты. При этом флокулянты увеличивают скорость осаднения, их положительное влияние заключается в удалении мелких частиц (мути), и декантат получается более прозрачным;

- недостаточный отвод сгущенной суспензии из отстойников. Надежным показателем величины отбора сгущенной суспензии является ее плотность, которая должна быть 1142—1170 кг/м<sup>3</sup>. При отклонении

этой нормы получается мутный сок. Скорость седиментации нефльтрованного сока I сатурации можно увеличить за счет применения флокулянтов (полиэлектролитов). Их применение позволяет получать более прозрачный декантат;

- низкая температура сока в отстойнике. Температура сока после I сатурации 80—85 °С. В процессе отстаивания она снижается на 2-3 °С. Отстаивание сока проходит без затруднений, если температура сока падает не ниже 80 °С.

Опасность резкого понижения температуры всегда имеется при остановках завода, Понижение температуры в отстойнике приводит к усилению жизнедеятельности микроорганизмов;

- разрушение частиц осадка насосом. Скорость седиментации непосредственно зависит от размера частиц осадка. Частицы осадка легко разрушаются механически, например, при перекачивании сока насосом. Поэтому для перекачивания сока I сатурации нужно применять соответствующий тип насоса. При перекачивании сока I сатурации в отстойник нужно следить за тем, чтобы насос не захватывал воздух во избежание пенения сока и ухудшения его седиментационных свойств.

- возврат концентрированных сахарных растворов на очистку. При этом увеличивается вязкость сока, а скорость седиментации снижается.

*Низкая или высокая плотность сгущенной суспензии.* Плотность суспензии зависит от:

- количества отбираемой суспензии. При чрезмерном отборе плотность суспензии снижается и это ухудшает работу пресс-фильтров. При недостаточном отборе суспензии количество осадка в отстойнике возрастает, он может попадать в декантат;

- продолжительности пребывания сока в отстойнике. При остановках и снижении производительности завода время пребывания сока в отстойнике увеличивается. В таких случаях может возрастать плотность суспензии, и нужно учитывать производительность насосов для отбора суспензии.

*Ухудшение качества сока при отстаивании.* Качество сока может снижаться по следующим причинам:

- длительное пребывание сока в отстойнике. Время пребывания сока определяется конструкцией отстойника и его производительностью в зависимости от количества перерабатываемой свеклы. При остановках

завода время пребывания сока в них возрастает, а вследствие этого увеличивается цветность сока, падает его щелочность. Увеличение цветности объясняется разложением компонентов сока при отстаивании, а не десорбцией красящих веществ из осадка;

- микробиологические процессы в отстойниках. Усиление жизнедеятельности микроорганизмов наступает при длительных остановках и охлаждении сока в отстойниках. Так, если оставить сок в отстойнике, (например при 12-часовой остановке завода на выварку выпарки), качество сока резко ухудшается, он будет плохо отстаиваться, и его нельзя будет перерабатывать. Поэтому при длительных остановках завода отстойники нужно освобождать от сока.

#### **5.4.8. Ухудшение фильтрования сока — высокая величина коэффициента фильтрации**

Сок после I сатурации должен иметь хорошие фильтрационные способности. Величина коэффициента фильтрации ( $F_k$ ) должна быть равна 1-5.

В схемах очистки следует предусматривать возможность добавления извести на I сатурацию. При добавлении извести перед котлом I сатурации улучшается фильтрование, но повышается цветность сиропа.

Обычно этим приемом пользуются, когда чистота диффузионного сока составляет менее 84, при переработке подмороженной свеклы, свеклы с высоким содержанием гнилой массы.

Наличие подвода извести перед котлом I сатурации, циркуляционного контура позволяет заводу периодически, в случае необходимости, работать по способу Дорра, исключив из схемы преддефекацию и дефекацию. Проведение по схеме очистки Дорра одновременной дефеко-сатурации способствует образованию крупных равномерных частиц  $\text{CaCO}_3$  (40—50 мкм вместо 10—15 мкм при обычной очистке). Это позволяет иметь высокие скорости осаждения и фильтрования. Однако из-за отсутствия дефекации в способе получают нетермоустойчивые продукты, растет цветность сахара, падает рН на верстате завода.

При переработке свеклы плохого качества, содержащей более 1 % редуцирующих веществ, можно применять дефеко-сатурацию в две ступени, что возможно при двухкотловой I сатурации. На I ступени поддерживается

pH 9-9,5, на II ступени — около 11. Распределение извести на обе ступени регулируется в зависимости от фильтрационных свойств сока I сатурации. Преддефекация и основная дефекация при этом **выключены**. Такой способ позволяет перерабатывать свеклу, пораженную слизистым бактериозом.

Затруднения в фильтровании и отстаивании сока I сатурации при переработке поврежденной морозом свеклы связаны с образованием в свекле полисахаридов декстрана и левана. При наличии их в диффузионном соке в количестве более 0,20 % на 100 % сахара на сатурации не удастся получить осадок CaCO. При содержании полисахаридов более 0,5 % на 100 % сахара в свекле переработка такой свеклы становится нецелесообразной.

Среди нетрадиционных способов улучшения фильтрования и отстаивания в зарубежной практике применялся специальный препарат — стуркал, представляющий собой кристаллический CaCO<sub>3</sub> в форме арагонита (Англия). Он добавлялся в сок I и II сатурации непосредственно в твердом виде или в виде 8 %-ной суспензии. При содержании полисахаридов более 0,24 % к массе диффузионного сока препарат применять неэффективно — отмечены затруднения роста кристаллов сахара, резкое падение pH в вакуум-аппаратах.

Для расщепления полисахаридов используются ферментные препараты, в частности декстраназа, расщепляющие декстран до изомальтозы и высших изомальтосахаридов.

Декстраназа «НитгенДЛ-2» (Япония) была испытана на Яготинском опытном производстве НПО «Сахар». Она применялась в виде 56 %-ного раствора в глицерине. Расход фермента зависит от длительности контакта его с диффузионным соком и от содержания декстрана в диффузионном соке и составляет от 50 до 2000 мг/л (5—200 г/т). Удалось обеспечить фильтрование сока I сатурации при наличии в свекле до 20 % свеклы, поврежденной слизистым бактериозом.

Декстраназа датской фирмы «Наво» испытана на сахарных заводах Дании. Условия ее применения: pH 5, температура — 50—60 °С, длительность контакта — 10 мин.

При применении декстраназы возможны затруднения при фильтровании сока II сатурации.

Затруднения при фильтровании сока при переработке свеклы, поврежденной слизистым бактериозом, объясняются тем, что декстран образует с известью комплексное соединение, которое невозможно разрушить при

сатурировании. В соке отсутствует осадок CaCO<sub>3</sub>, в нем находится лишь тонкая муть.

Улучшение фильтрования может наступить при добавлении гипохлорита натрия или хлорной извести перед основной дефекацией (0,05—0,1 % к массе сока). Количество добавляемых реактивов определяется опытным путем. В присутствии этих реактивов комплексное соединение декстрана с известью не образуется, удается получить в сатураторе осадок CaCO<sub>3</sub>.

Затруднения при фильтровании связаны не только со структурой осадка, его недостаточным количеством, но и с адсорбцией декстрана фильтровальным полотном. Приходится форсировать очистку полотна горячей водой с добавлением гипохлорита натрия или другого сильного окислителя, намывать на полотно кизельгур. Помогает резкое повышение расхода извести на очистку, разбавление диффузионного сока. При затруднениях в фильтровании сока II сатурации не рекомендуется добавлять известь на II сатурацию.

Для обеспечения фильтрационных свойств сока I сатурации рекомендуется:

- добавлять в питательную воду для диффузии двойной неаммонизированный суперфосфат, или серноокислый алюминий;
- удалять пульту из диффузионного сока;
- уменьшать количество известкового молока на предварительную дефекацию, менять место ввода и количество возвратов на предварительную дефекацию нефильтрованного сока I сатурации;
- сокращать длительность основной дефекации или совсем ее исключить;
- для укрупнения частиц осадка на I сатурации необходимо добавлять точно определенное количество извести;
- температура фильтруемого сока должна быть не ниже 80 °С;
- непрерывно и равномерно возвращать на преддефекацию осадок сока II сатурации. Неравномерное его поступление создает в отдельные моменты большое количество возврата, ухудшает фильтрование сока, так как его частички имеют размер меньше 5 мкм, т.е. мельче, чем в осадке сока I сатурации;
- использовать флокулянты;
- иметь достаточную поверхность фильтрования с учетом повышенного расхода извести на очистку в связи с ухудшением качества перерабаты-

ваемой свеклы;

- использовать правильно подобранную фильтровальную ткань, чаще проводить регенерацию и замену ее. Значительному ухудшению фильтрования способствует загорание фильтровальной ткани. Оно может происходить при применении для обессахаривания осадка конденсатов с высоким содержанием углекислого аммония, под влиянием которого на волокнах фильтровальной ткани осаждается карбонат кальция. Забивание пор может происходить и в результате использования отпенивающих средств, содержащих неомыляемые минеральные масла или же при применении их в больших количествах;
- проводить эффективную дезинфекцию.

#### 5.4.9. Плохая фильтрация сгущенной суспензии

Причинами плохой фильтрации сгущенной суспензии являются:

- недостаточная поверхность фильтрования.
- плохое качество перерабатываемой свеклы.
- недостаточное давление. При давлении ниже оптимального рамы пресса, полностью не заполняются. Причины низкого давления — негерметичность арматуры, плохая работа насоса.
- высокое содержание мезги в диффузионном соке. В щелочной среде мезга разлагается, образующиеся при этом продукты гидролиза ухудшают фильтрационные свойства осадка. Мезгу нужно удалять из диффузионного сока перед поступлением его на станцию очистки.
- ошибки при процессе получения диффузионного сока.
- ошибки при процессе очистки.
- низкая или высокая плотность сгущенной суспензии.

#### 5.4.10. Недостаточное обессахаривание фильтрационного осадка

Причины плохого обессахаривания осадка следующие:

- *низкая температура и давление промывной воды.* Давление при обессахаривании должно быть примерно на 0,1 МПа ниже, чем при фильтровании. В противном случае вода движется по каналам, обра-

зующимся в фильтрационном осадке, и не проходит через всю массу осадка. При низком давлении и низкой температуре промывной воды обессахаривание протекает слишком медленно

- *недостаточное количество промывной воды.*
- *загорание фильтровальной ткани.* Оно приводит к тому, что сопротивление ткани при фильтровании возрастает, причем неодинаково по поверхности ткани.
- *слизистый, мазующийся осадок.* Такой осадок образуется обычно при недосатурировании сока, при переработке порченной свеклы, из-за ошибок при проведении обессахаривания свекловичной стружки и очистки диффузионного сока (недостаточное количество извести, низкая температура). Такой осадок плохо обессахаривается.
- *образование комплексных соединений извести и сахарозы в фильтрационном осадке.* В этих соединениях сахароза связана довольно прочно. Такое образование обычно происходит при недосатурировании сока и при сатурации, проводимой при низкой температуре.
- механические неполадки.

### 5.5. II сатурация

Цель II сатурации: по возможности полное осаждение ионов кальция, установление величины активной щелочности, обеспечивающей наименьшее разложение сахарозы, адсорбционное удаление несахаров, а в случае необходимости — разложение редуцирующих веществ и амидов.

Недостаточно полное удаление из сока гидроксидов щелочных металлов, а также солей кальция приводит к быстрому образованию накипи на теплообменных поверхностях выпарной установки и увеличению потерь сахарозы в мелассе. В хорошо отсатурированном соке II сатурации содержание солей кальция должно быть минимальным.

В табл. 8 приведены технологические параметры и основные требования к процессу II сатурации.

Таблица 8. Технологические параметры  
и основные требования к процессу II сатурации

Параметры	Значение
Длительность, мин.	10
Значение $pH_{20}$	9,1-9,2
Щелочность, % СаО	0,015-0,035
Содержание $CO_2$ в сатурационном газе, %	32-36
Содержание редуцирующих веществ, %	0,02

При проведении процесса II сатурации может возникать целый ряд **осложнений**.

### 5.5.1. Трудности при переработке сахарной свеклы пониженного качества

При переработке свеклы пониженного качества оптимальная щелочность снижается до  $pH_{20}$  8,0-8,4 ( $pH_t$  6,6-7,2) ( $pH_{20}$ ,  $pH_t$  – значения pH при комнатной температуре и температуре процесса соответственно). При таких значениях pH, особенно при сгущении сока в выпарной установке и сиропа в вакуум-аппаратах, происходит интенсивное разложение сахарозы и увеличение ее потерь, т.к. изокаталитическая (минимальная) точка гидролиза сахарозы находится при  $pH_t = 8,2$ . При снижении pH от изокаталитической точки на единицу скорость гидролиза сахарозы увеличивается в 8—10 раз.

#### А. Высокая буферность сока

Часто в соке II сатурации, полученном из свеклы пониженного качества, отсутствует точка с минимальным содержанием солей кальция, зона одинакового содержания солей кальция занимает значительный интервал. Это связано с высокой буферностью сока.

В таких случаях, при отсутствии четко выраженной точки с минимумом солей кальция, на II сатурации следует поддерживать максимально допустимый pH, при котором еще не наблюдается резкое увеличение их количества. Это позволяет лучше использовать карбонатную щелочность.

Согласно исследованиям Я. Дедека, сахароза как слабая кислота зна-

чительно уменьшает диссоциацию углекислоты, вследствие чего значительно затрудняется удаление кальциевых солей из сатурационных соков. Если в водном растворе 90 % всей присутствующей углекислоты находится в виде аниона  $(CO_2)^{2-}$ , то в сатурационном соке концентрация ионов  $(CO_3)^{2-}$  в сильной степени зависит от pH раствора. При этом при pH 11,0 она равна 86 %, при pH 10,0 — 37 %, при pH 9,0 — 5,6 %, то есть в соке II сатурации даже при оптимальной щелочности преобладают ионы  $(HCO_3)^-$ , не вызывающие удаления кальциевых солей.

Многие сахаротехники считают, что при переработке свеклы ухудшенного качества более важным показателем, чем содержание солей кальция, является щелочность сиропа. Они предлагают поддерживать на II сатурации щелочность выше оптимальной по солям кальция для обеспечения необходимой щелочности конечных продуктов.

В этом случае щелочность сока II сатурации и последующих продуктов будет обусловлена присутствием извести.

Поэтому, чтобы не вводить в сок соду с ее большим мелассотворным эффектом, обычно поддерживают щелочность сока выше оптимальной за счет недосатурирования некоторой части гидроокиси кальция, при этом повышается концентрация кальция в соке и угроза возможного осаждения солей кальция при сгущении сока.

Работа с повышенной щелочностью на II сатурации не нова в технологии сахарного производства. Но такая работа сопряжена с определенным риском с точки зрения накипеобразования, так как содержание солей кальция в соке повышено.

При превышении содержания солей кальция в соке всего на 0,001 % СаО минимального их содержания на заводе, перерабатывающем 8000 тонн свеклы в сутки, за 50 суток работы количество недоосажденного кальция составит примерно 4 т.

Если предположить, что получены труднорастворимые соли кальция, то поверхность нагрева выпарки может покрыться слоем накипи толщиной около 0,2 мм. Если же соли кальция хорошо растворимы, будет иметь место дополнительное образование мелассы.

На практике, особенно при переработке свеклы ухудшенного качества, основным критерием оптимизации II сатурации является pH сиропа не ниже 7,9.

При необходимости работы на II сатурации с повышенной щелочно-

стью следует учитывать качество свеклы, степень термоустойчивости продуктов, интенсивность сульфитации, ритмичность работы завода, удельную поверхность выпарки, пределы превышения содержания солей кальция. Так оправдано работать только в том случае, когда исчерпаны все резервы по снижению падения щелочности на заводе.

#### *В. Повышение цветности сока II сатурации.*

Источником образования красящих веществ являются аминокислоты, амиды, инвертный сахар и другие соединения с карбонильной группой. Из этих веществ в результате реакции Майяра образуются азотсодержащие красящие вещества, меланоидины. В процессе очистки, главным образом на дефеко-сатурации, образуются красящие вещества продуктов щелочно-термического разложения моносахаридов.

Причины повышения цветности:

- высокое содержание аминокислот, амидов и редуцирующих веществ в диффузионном соке;
- перегрев сока;
- перещелачивание соков за счет добавления химических реагентов;
- пересатурирование сока на I сатурации;
- некачественное фильтрование сока сатурации.

При правильном проведении процесса очистки значительную часть образующихся красящих веществ можно удалить адсорбцией их на карбонате кальция.

### **5.5.2. Затруднения при работе с добавлением извести на II сатурацию**

Добавление извести на II сатурацию — важный технологический прием, позволяющий улучшить качественные показатели очистки сока без увеличения суммарного расхода извести.

Обычно на II сатурацию добавляется 10-30 % от общего расхода извести на очистку диффузионного сока (0,2-0,6 % CaO к массе свеклы).

При работе с добавлением извести на II сатурацию, особенно при расходе извести более 0,4 % CaO, на заводе могут встретиться следующие затруднения:

- обильное пенообразование в сатураторе II сатурации, возможны

выбросы пены на крышу завода. Для недопущения выбросов из котла рекомендуется нарастить надсоковое пространство котла на 1,5—2 м, установить пеноловушки, создать циркуляционный контур в сатураторе с помощью газа или насоса;

- недостаток сатурационного газа для доведения щелочности сока до заданной величины. Необходимо рассчитать диаметр коммуникации газа, увеличить газовые штуцеры подвода газа в котел II сатурации, понизить уровень сока в котле II сатурации на 300 мм по отношению к уровню в котле I сатурации;

- трудности в дозировании извести. Необходимо иметь самостоятельный дозатор, возможность визуального наблюдения за поступлением извести;

- повышение нагрузки на фильтры II сатурации.

### **5.5.3. Противопоказания добавления извести на II сатурацию**

Повышенное содержание в известняке  $MgCO_3$  (более 3 %) к массе камня.

Дело в том, что соли магния, содержащиеся в известковом молоке, достаточно полно осаждаются только в условиях высокой щелочности (на I сатурации). Если же они поступают с известковым молоком сразу на II сатурацию, минуя I сатурацию, то магний осаждается в виде гелеобразного карбоната магния, растворимость которого довольно высокая, что приводит к быстрому «загоранию» поверхностей выпарных аппаратов. В известковом молоке, полученного из такого камня, содержится повышенное количество  $Mg(OH)_2$ . В условиях сатурации из  $Mg(OH)_2$  образуется  $Mg(HCO_3)_2$ . При выпаривании такого сока бикарбонат магния разлагается с образованием  $MgCO_3$ , слаборастворимой соли, осаждающейся на трубках поверхности нагрева. При фильтровании таких сиропов также наблюдаются затруднения.

Повышенное содержание силикатов в соке.

Источники силикатов: вода, почва, известняк (0,3—6 % к массе камня). При содержании кремниевой кислоты более 50 мг/кг сухих веществ сока имеет место «загорание» выпарки, особенно заметное при добав-



лении извести на II сатурации. Именно соли кремниевой кислоты образуют твердую плотную накипь средних корпусов выпарки;

Высокое содержание мути в соке I сатурации.

В случае содержания мути более 3 г/л ухудшаются качественные показатели очистки, особенно при переработке свеклы ухудшенного качества. Эти показания получены ВНИИСП. Согласно другим исследованиям в присутствии извести вредное влияние мути в соке уменьшается.

Переработка свеклы, поврежденной слизистым бактериозом, с высоким содержанием декстрана.

#### 5.5.4. Повышение содержания кальциевых солей в соке II сатурации

Режим проведения II сатурации зависит от натуральной щелочности.

При переработке свеклы с положительной натуральной щелочностью оптимальная щелочность сока II сатурации — это щелочность, при которой в соке содержится минимальное количество солей кальция

Оптимальную щелочность сока II сатурации удобнее контролировать по показаниям рН-метра. В зависимости от качества перерабатываемой свеклы, рН<sub>20</sub> сока при оптимальной щелочности колеблется в интервалах 8,6-9,5.

При переработке свеклы хорошего качества установление оптимального рН сока II сатурации не вызывает затруднений. Обычно оно равно примерно 9,25, при этом в соке II сатурации сумма катионов щелочных металлов равна сумме анионов органических кислот. Содержание солей кальция невелико, при выпаривании сока не наблюдается изменение реакции среды.

Но определение оптимальной щелочности сока II сатурации по минимальному содержанию солей кальция не всегда будет оправдано с точки зрения всего технологического процесса.

*А. Трудности при переработке сахарной свеклы с высокой натуральной щелочностью*

Для свеклы, выросшей во влажное лето, характерна высокая натуральная щелочность. В соке II сатурации сумма катионов калия и натрия значительно превышает количество анионов органических кислот.

Если натуральная щелочность высокая, то и значение оптимальной щелочности и рН будут также высокими. При этом оптимальный рН сока II сатурации может быть около 10. В этих условиях сок II сатурации легко перегазовать, в нем образуются бикарбонаты калия и натрия, которые разлагаются на выпарке, способствуя повышению рН. Выпаривание и уваривание таких продуктов сопряжено с определенными трудностями, ухудшается качество сахара.

В мировой практике для борьбы с подобным явлением, для снижения рН очищенного сока, проводят усиленную сульфитацию сока II сатурации, применяют добавление кислот в вакуум-аппараты (или в диффузионный сок), CaCl<sub>2</sub>, обработку сока перед выпаркой катионитами.

При сульфитации сока II сатурации, рН которого выше оптимального, имеющего известковую щелочность, неизбежно образование солей CaSO<sub>3</sub>, CaSO<sub>4</sub>, Ca(HSO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Все эти соли более растворимы, чем CaCO<sub>3</sub>, в результате чего наблюдается усиление отложения осадков при сгущении сока на выпарке, чаще всего во втором и третьем ее корпусах.

*В. Трудности при переработке сахарной свеклы с низкой и отрицательной натуральной щелочностью*

Если же натуральная щелочность низкая или отрицательная, то оптимальное рН очищенного сока по минимуму содержания солей кальция существенно снижается — до рН 8,5 (и ниже). Абсолютная же величина солей кальция при этом велика и может составлять 0,025—0,7 % к массе сока.

При выпаривании соков с содержанием солей кальция выше 0,05 % на 100 % сухих веществ наблюдается усиленное отложение их на поверхности нагрева, что приводит к ухудшению теплообмена и увеличению расхода теплоносителя.

Применяемые ингибиторы накипеобразования имеют максимальный порог по содержанию солей кальция в соке, выше которого их применение неэффективно. Также применение их в повышенных количествах способствует такому отрицательному явлению, как появление мути в сиропе, и эта муть не удаляется, что приводит к ухудшению качества выпускаемого белого сахара. Для обеспечения бесперебойной переработки свеклы с низкой и отрицательной эффективной щелочностью можно работать с использованием на очистке диффузионного сока щелочных добавок.

Практика работы сахарных заводов Западной Европы и США показала, что если щелочными добавками поддерживать эффективную щелочность, близкую к 0,005—0,010 % CaO, то содержание солей кальция в соке будет минимальным, а термоустойчивость сока стабильной.

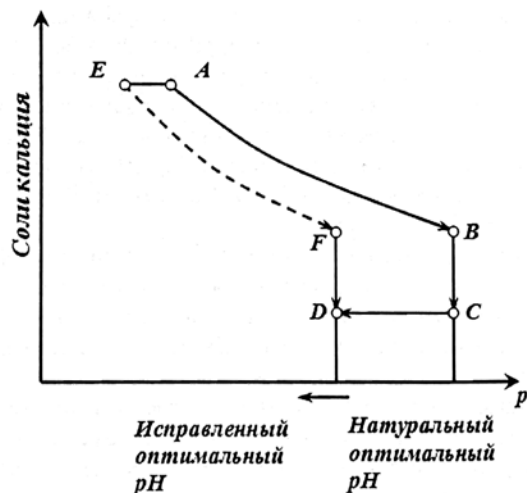


Рис. 7. Схема проведения процесса II сатурации сока с низкой натуральной щелочностью

При введении в сок после II сатурации щелочной добавки процесс графически (рис. 7) характеризуется сплошной линией ABCD: сначала сок сатируют до оптимального рН, установленного заводской лабораторией по солям кальция (отрезок AB), выдерживают его в дозревателе (отрезок BC), вводят щелочной реагент, повышая рН до расчетного значения (отрезок CD), и фильтруют.

Более целесообразно щелочную добавку вводить в фильтрованный сок I сатурации (перед II сатурацией), тогда процесс на рис. 7 будет характеризоваться пунктирной линией AEFD: ввод реагентов (отрезок AE), сатурация сока до оптимального рН (отрезок EF), снятие степени перенасыщения солей кальция в дозревателе и фильтрация сока (отрезок FD). При таком варианте ввода щелочной добавки рН оптимальной щелочности устанавливается уже в сатураторе.

### 5.5.5. Минимизация содержания солей кальция

При обработке соков с недостаточной натуральной щелочностью содержание солей кальция может повыситься в 20—50 раз по сравнению с соками, полученными из хорошей свеклы. При выпаривании и уваривании таких продуктов наблюдаются осложнения, оказывающие вредное воздействие на ведение технологического процесса.

Обычно считается, что при переработке свеклы хорошего качества в соке содержится 0,02—0,04 % CaO на 100 сухих веществ сока, в соке среднего качества — 0,04—0,07 %.

Повышенное содержание солей кальция в очищенном соке связано с переработкой на заводах свеклы ухудшенного качества, проведением технологических процессов в неоптимальных режимах.

Минимальное содержание солей кальция пропорционально сумме эквивалентов кислот, образующихся из редуцирующих веществ и аминокислот, присутствующих в диффузионном соке.

Повлиять на содержание калия и натрия в свекле в процессе ее переработки уже невозможно, тем не менее, существуют меры, которые можно предпринять для минимизации ненужного образования и ввода анионов или кислот в технологический процесс.

Образование инвертного сахара должно быть сведено к минимуму, поскольку он в основном превращается в молочную кислоту во время сатурации. Подобно этому, в результате любого микробиологического инфицирования при экстракции сахарозы на диффузии образуется молочная и другие кислоты. Необходимо сводить к минимуму попадание со свеклой в завод транспортерно-моечной воды, так как в ней, среди прочих, обычно содержится уксусная, пропионовая и молочная кислоты.

*А. Высокая мутность сока I сатурации, поступающего на II сатурацию*

При поступлении на II сатурацию мутного сока I сатурации выпавшие в осадок несахара из мути частично переходят в раствор, при этом увеличивается содержание солей кальция и возникает опасность загорания выпарной установки.

Если на II сатурацию добавляется известковое молоко, то содержа-

ние взвешенных частиц в количестве до 0,05 % к массе сока не влияет на процесс. Рекомендуемое количество известкового молока на II сатурацию — 0,3-0,4 % CaO к массе сока.

В начале производственного сезона крайне важно, чтобы выпарную установку пускали на умягченной воде. Обычно сахарные заводы компании «Бритиш Шугар» пускаются на воде, обработанной известью и отсатурированной с последующим умягчением путем добавления небольших количеств карбоната натрия до достижения значений жесткости менее 20 мг/л. Умягченную воду перед подачей на выпарку фильтруют на фильтрах сока II сатурации. После начала переработки свеклы и поступлений сока на верстат завода важно обеспечить низкое содержание как солей кальция, так и нерастворимых веществ в соке. Если оба этих важных условия не выполняются, то сок нельзя направлять в выпарные аппараты.

Целью процесса фильтрации сока II сатурации является удаление осадка карбоната кальция, образовавшегося на II сатурации, до такой степени (в идеале), чтобы в фильтрованном соке, направляемом на выпарную установку, не осталось нерастворимого карбоната кальция.

На заводах Западной Европы для постоянного контроля прозрачности фильтрованного сока установлены проточные мутномеры. Кроме этого, пробы фильтрата периодически отбирают и пропускают через фильтры с размерами пор 8 мкм для подтверждения отсутствия нерастворимых частиц. Если обнаружено, что нерастворимые частицы карбоната кальция попали в фильтрат, то анализ размеров частиц этого нерастворимого осадка с помощью рассеивания лазерного луча часто помогает установить, где возникла проблема. Например, если распределение частиц нерастворимого осадка по размерам в фильтрате аналогично распределению частиц осадка в нефилтрованном соке, тогда можно предположить, что есть отверстия в фильтровальной ткани или что фильтровальные мешки неплотно прикреплены к фильтровальным рамкам. Если же в фильтрате распределение частиц по размерам говорит о меньшем среднем размере частиц, то можно предположить, что используется фильтровальная ткань со слишком большими размерами пор или недостаточна рециркуляция сока перед направлением по потоку.

Важность получения осадка сока II сатурации с крупными и одно-

родными средними размерами частиц для достижения хорошей фильтрации огромна. Когда снижается средний размер частиц осадка сока I сатурации, и он становится менее равномерным, то ухудшается как производительность фильтров, так и прозрачность сока.

Прибор для измерения мутности устанавливается на трубопроводе после станции фильтрации перед поступлением сока на выпарную установку. Он работает по принципу рассеивания света на взвешенных частицах. При условии, что монтаж обеспечивает удаление пузырьков и что стенки кюветы поддерживаются прозрачными, эти приборы позволяют получать надежное предупреждение о том, что нерастворимые частицы прошли через фильтр и требуются дополнительные исследования.

Присутствие нерастворимых частиц карбоната кальция в соке, направляемом на выпарную установку, повышает вероятность отложения накипи на первых корпусах выпарки.

Еще одним негативным последствием прохождения нерастворимых частиц карбоната кальция через станцию фильтрации сока II сатурации является повышение нагрузки по нерастворимым частицам на фильтрах сиропа, что возможно вплоть до снижения производительности.

Если уделять внимание этим деталям на стадии фильтрования сока II сатурации, то значительно снижается вероятность отложения накипи на выпарке и возникновения затруднений с фильтрацией сиропа далее по технологическому потоку.

#### *В. Нарушение длительности пребывания или «дозревания» сока II сатурации*

Нельзя игнорировать и важность обеспечения достаточного времени пребывания или «дозревания» после проведения процесса II сатурации перед фильтрацией сока II сатурации. Часть карбоната кальция остается в пересыщенном состоянии сразу же после обработки сатурационным газом и необходимо дать некоторое время, чтобы он образовал осадок до фильтрации. В противном случае этот пересыщенный карбонат кальция кристаллизуется внутри ткани на фильтрах сока II сатурации, вызывая затруднения с фильтрацией или образуя осадок после фильтров.

Время пребывания обычно рекомендуется до 30 минут, а дальнейшее осаждение возможно и после этого времени. Снижение перенасыщения можно усилить вводом «затравки» такой, как осажденный карбонат

кальция. Также могут помочь повышенная температура (до примерно 97 °С на II сатурации) и перемешивание.

#### *С. Работа с добавлением щелочных реактивов*

Если содержание солей кальция в соке, поступающем на выпарку, превышает 150 мг СаО (0,15 % СаО) на 100 сухих веществ сока и на верстате наблюдается падение рН продуктов (рН сиропа ниже 7,9) можно прибегнуть к добавлению щелочных реактивов.

Для этой цели широкое применение находит сода ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), что объясняется ее дешевизной. Добавление соды вызывает повышение рН, наличие в ней  $\text{CO}_3^{2-}$ -иона способствует осаждению растворимых солей кальция. Иногда для повышения рН добавляют NaOH.

При применении тринатрийфосфата ( $\text{Na}_3\text{PO}_4 \times 12\text{H}_2\text{O}$ ) также повышается рН продуктов, но кроме этого, образующийся при взаимодействии с растворимыми солями кальция  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  довольно плохо выпадает в осадок и не пристает к поверхности нагрева выпарки. На этом свойстве тринатрийфосфата основано применение его для удаления инкрустаций на выпарке при начинающемся «загорании» ее поверхности. Для этого дается «шоковая» доза тринатрийфосфата 1 раз в 8—10 дней в течение 2—3 часов. В этот период затрудняется работа фильтров сиропа, ухудшается качество сахара, но это дает возможность избежать «выварки» выпарки.

При переработке свеклы ухудшенного качества приходится значительно увеличивать количество добавляемых реактивов - до 100-200 кг на 100 т свеклы. Причина столь высоких добавок - переработка свеклы с высоким содержанием редуцирующих и азотистых веществ.

Нормативный расход соды (на очистку сока) составляет 5—8 кг на 100 т свеклы, тринатрийфосфата — 10—16 кг.

К добавлению этих реактивов надо подходить осторожно, так как они могут вызывать целый ряд приведенных ниже ненормальностей при ведении технологического процесса:

- увеличение содержания сахарозы в мелассе. При добавлении соды и тринатрийфосфата растворимые соли кальция переходят в натриевые соли. Так как ионы калия и натрия относятся к сильным мелассообразователям, прибавление щелочных добавок должно вызывать усиление мелассообразования. По мнению П.М. Силина, щелочи-очень сильные мелассообразователи, потому что они образуют сахараты.

Поэтому же столь сильно и мелассообразующее действие карбонатов - они легко гидролизуются, а освобождающаяся щелочь дает сахарат. Мелас-образующие коэффициенты NaOH-4,61,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ -2,88,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ -1,5. Согласно химической реакции образования сахаратов 53 г соды должны унести в мелассу 342 г сахарозы, или на 1 часть соды приходится 6,5 частей сахарозы. Практикой работы установлено, что каждая часть соды уводит в мелассу 5 частей сахарозы, то есть каждые 100 кг добавленной соды уменьшают выход сахара примерно на 500 кг. На основании этого, как говорилось ранее, многие сахарники предпочитают работать с рН, которое заведомо выше оптимального по минимуму солей кальция, чтобы не добавлять соду, и сознательно обрекают, а повышенное «загорание» поверхности нагрева выпарки. В США считают достаточным поддерживать с помощью соды значение эффективной щелочности 0,01 % Са. При таком значении рН заметно снижается содержание растворимых солей кальция в соках, а также не наблюдается повышения содержания сахарозы в мелассе. Установлено, что если щелочными добавками поддерживать эффективную щелочность, близкую к 0,01 % СаО, то содержание солей кальция в соке будет минимальным, а термоустойчивость сока стабильной;

- ухудшение цветности соков, сиропа, особенно при высоких дозах добавок;
- пенообразование на выпарке и в вакуум-аппаратах;
- добавление соды и тринатрийфосфата может не только не повысить рН, но даже его понизить, если количество добавляемых реактивов меньше эквивалентного содержания солей кальция в соке;
- сода повышает способность соков давать пересыщенные растворы, что приводит к последующему отложению  $\text{CaCO}_3$  на холсте, оборудовании, коммуникациях;
- иногда добавление соды может вызвать усиленное «загорание» выпарки при явном снижении содержания солей кальция. Данное явление известно в литературе как «содовый парадокс». Объяснение этого явления дано Я. Дедеком на основании физико-химической теории образования и поведения труднорастворимых осадков ( $\text{CaCO}_3$  довольно труднорастворим);
- при применении тринатрийфосфата возможно получение мутных растворов сахара. Осадки при применении тринатрийфосфата — вы-

сокодисперсные, плохо фильтрующиеся. Необходим тщательный контроль качества фильтрования сиропа;

- применение щелочных добавок способствует повышению зольности сахара;
- при pH ниже 9 из тринатрийфосфата образуется фосфорная кислота,
- при применении тринатрийфосфата ухудшается сбрасываемость мелассы.

Количество добавляемых реактивов зависит от качества обрабатываемых соков.

Таблица 9. Требуемые количества щелочных реактивов по данным К. Вукова

Реактив	Требуется грамм-эквивалентов	
	для уменьшения 1 экв. Ca <sup>2+</sup>	для повышения pH на 1 ед. на 1 м <sup>3</sup> сока
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1,8	17
Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	1,0	10
NaOH	–	8

Из-за присутствия буферных веществ реакция осаждения солей кальция с помощью соды протекает не по стехиометрическим соотношениям. Обычно сода осаждает лишь 50—70 % эквивалентного количества солей кальция. Благодаря своей низкой растворимости тринатрийфосфат имеет преимущество, осаждая Ca<sup>2+</sup> в эквивалентных количествах.

Согласно данным венгерского ученого К. Вукова, необходимы следующие количества реактивов, приведенные в табл. 9.

CaCO<sub>3</sub> наименее растворим при pH 9,25. Поэтому в зарубежном техноконтроле рекомендуется устанавливать величину щелочности сока при этом значении pH и рассматривать эту величину как показатель возможного удаления солей кальция (в этой точке нет CaCO<sub>3</sub> в растворе). Если на заводе содержание солей кальция в соке выше, чем щелочность сока II сатурации, надо давать соду и тринатрийфосфат, если выше щелочность — ее можно понизить.

Исходя из величины эффективной щелочности можно вычислить массу NaOH ( $m_{\text{NaOH}}$ , кг), которую необходимо добавить к 1 м<sup>3</sup> фильтро-

ванного сока III сатурации в том случае, если эффективная щелочность ( $\text{Щ}_{\text{эф}}$ ) будет меньше 0,005 % CaO:

$$m_{\text{NaOH}} = [10 \times (0,005 - \text{Щ}_{\text{эф}})] \times (40/28). \quad (4)$$

При использовании кальцинированной соды (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) значение  $t$ , вычисленное по этому уравнению, умножают на 1,32.

При недостаточном количестве щелочных добавок, вводимых в сок, когда концентрация их меньше концентрации солей кальция, в соке появляется муть, и он трудно фильтруется. Осадок выпадает не сразу, а через 0,5-2 часа после введения соды, когда сок уже находится в выпарной установке. При больших количествах щелочных добавок, превышающих концентрацию солей кальция, осаждение последних происходит быстрее и заканчивается до подачи сока в выпарную установку.

Таблица 10. Примерный расход гидроксида натрия и кальцинированной соды на 1 м<sup>3</sup> сока при некоторых значениях эффективной щелочности

Расход	Щелочность, г CaO/100см <sup>3</sup>					
	0	-0,005	-0,007	-0,010	-0,015	-0,020
NaOH на 1 м <sup>3</sup> сока, кг	0,071	0,143	0,171	0,214	0,286	0,357
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> на 1 м <sup>3</sup> сока, кг	0,094	0,020	0,226	0,282	0,378	0,471

Примерный расход гидроксида натрия и кальцинированной соды на 1 м<sup>3</sup> сока, вычисленный по уравнению (4), при некоторых значениях эффективной щелочности приведен в табл. 10.

В зависимости от натуральной щелочности перерабатываемой свеклы обычно необходимо добавлять щелочь в сок для того, чтобы поддерживать соответствующий профиль изменения pH сока в процессе. На заводах «Бритиш Шугар» это обычно осуществляют добавлением раствора карбоната натрия (соды) или суспензии оксида магния (магнокс) на II сатурацию. Преимуществом применения раствора карбоната натрия является легкость ввода, тогда как оксид магния имеет то преимущество, что он менее мелассообразующий.

За счет дальнейшего осаждения карбоната кальция эти щелочные добавки дают дополнительный эффект снижения содержания солей

кальция, который не может быть обеспечен только сатурацией  $\text{CO}_2$  до оптимальной конечной точки. Несмотря на это, следует учитывать, что избыточное добавление карбоната натрия или оксида магния вместе с пересатурированием на II сатурации может, как ни странно, повысить вероятность отложения накипи из карбоната кальция. Это объясняется тем, что повышение концентрации ионов карбоната может быть значительно больше, чем снижение концентрации ионов кальция.

Относительно места добавления щелочных реактивов нет должной ясности. Прежде добавляли соду в сборник сырого сока, чтобы обеспечить ее хорошее смешение с соком. В Польше считали наиболее целесообразным добавлять соду в сухом виде на преддефекацию для обеспечения хорошего перемешивания. Американские специалисты-сахарники считают, что щелочные реактивы могут быть добавлены в любом удобном месте технологической схемы, и часто добавляют их в диффузионный сок.

Согласно старым рекомендациям ВНИИСП соду необходимо добавлять в контрольный ящик II сатурации. Однако было установлено, что при добавлении щелочных реактивов в эту точку наблюдается некоторое снижение pH соков и сиропа. Подобное явление не наблюдается, если щелочные добавки внесены в сок I сатурации. Замечено, что сода не вызывает отложения осадков на выпарке и фильтровальных тканях, если она добавлена до II сатурации, а иногда даже на преддефекации.

Следует также учитывать, что добавление щелочи на II сатурацию может оказывать отрицательное влияние на фильтрацию сока II сатурации. Опыт работы на Западе показал, что затруднения с фильтрацией сока II сатурации часто обусловлены изменением размера и распределения частиц по размерам. Влияние добавления карбоната натрия заводской сок II сатурации на размеры частиц осадка, определены измерением с помощью лазерного анализатора. Интересно отметить, что при увеличении количества добавленного карбоната натрия размер частиц осадка уменьшается.

При добавлении карбоната натрия в очищенный сок происходит практически мгновенное осаждение карбоната кальция. Это быстрое осаждение приводит, вероятно, к осаждению частиц с меньшими средними размерами по сравнению с образованием осадка за определенное время при обработке газом и перемешивании в аппарате II сатурации.

Наблюдалась тенденция отложения накипи в подогревателях сока II сатурации при введении соды в фильтрованный сок, который направлялся на II сатурацию через подогреватель. Наиболее вероятно это объясняется осаждением карбоната кальция после ввода соды.

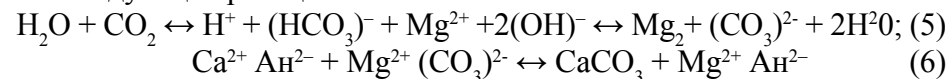
Как один из вариантов, раствор карбоната натрия вводят в трубопровод подачи сатурационного газа на II сатурацию.

Гидроксид натрия обычно вводят в сок II сатурации (фильтрованный) с целью повышения pH. Гидроксид натрия в зависимости от качества свеклы, содержания анионов автоматически дозируется перед II сатурацией и перед третьим корпусом выпарки. Сигнал для дозирования — снижение pH, сока, выходящего из второго корпуса выпарки.

Тринатрийфосфат рекомендуется добавлять в сок II сатурации, часто даже фильтрованный, так как он может ухудшать фильтрацию.

Напротив, снижение показателей работы на фильтрации сока II сатурации менее выражено при использовании оксида магния. После ввода оксида магния требуется время пребывания в несколько минут для достижения максимально возможного растворения суспензии оксида магния. По-видимому, весь карбонат кальция, выпавший в осадок в результате введения оксида магния, не так значительно влияет на общее распределение частиц по размерам в осадке сока II сатурации и по этой причине меньше ухудшается фильтрация сока.

Применение иона Mg идет по следующей схеме: сок II сатурации пересатурируется, подщелачивается MgO, фильтруется. При этом имеют место следующие реакции:



Последняя реакция смещена вправо, так как  $\text{MgCO}_3$  почти в 210 раз более растворим, чем  $\text{CaCO}_3$ . Наличие MgO обеспечивает поддержание pH 9,2. В результате замены соды на MgO чистота мелассы снижается до 1,6 ед., содержание сахарозы в ней — до 0,14 %, более эффективно удаляются соли кальция.

#### *D. Влияние добавок других анионов*

Встречаются случаи, когда анализ накипи, удаленной с поверхности выпарных аппаратов, показывает высокое относительное содержание сульфатов.

В табл. 11 показаны компоненты, определенные в пробах накипи из

трубок выпарной камеры выпарного аппарата типа Роберта на сахарном заводе, использовавшем в качестве щелочной добавки оксид магния.

Таблица 11. Состав накипи (г/100 г сухих веществ)

Компонент	Корпус выпарной установки				
	1	2	3	4	5
Кальций	9,2	10,6	11,5	12,5	5
Магний	7,1	4,2	3,1	1,7	2,3
Железо	2,6	1,3	2,9	0,5	0,3
Сульфат	9,0	7,2	11,2	7,7	6,8
Фосфат	3,5	0,0	0,0	0,0	3,1
Оксалат	9,2	7,5	16,1	16,1	17,8

Хотя сульфат содержится в свекле и также добавляется на экстракции в виде серной кислоты, наибольшее количество его вводится в процесс в форме сульфата кальция (гипса), применяемого для улучшения прессования жома.

Часто на заводе, где сульфат составляет основную фракцию накипи, имеет место отсутствие соответствующего контроля при добавлении гипса.

Наблюдения в компании «Бритиш Шугар» показывают, что расход гипса свыше 110 кг/100 т свеклы не дает дальнейшего улучшения по сухим веществам отжатого жома. Добавление гипса выше этой величины приводит только лишь к дальнейшему повышению содержания сульфатов в очищенном соке и повышению вероятности отложения сульфата кальция в виде накипи. Анализы накипи из выпарных аппаратов компании «Бритиш Шугар» показывают, что сульфат является одним из основных анионов из присутствующих.

Есть также примеры сильного загорания подогревателей сока II сатурации вследствие необоснованно высокого добавления гипса в питательную воду диффузионной установки.

## 5.6. Сульфитация

Сульфитация является важным этапом технологического процесса сахарного производства. Она влияет на величину неучтенных потерь

сахарозы при выпаривании и уваривании продуктов, на нарастание цветности на верстате, накипеобразование на поверхности нагрева выпарных аппаратов, качество сахара и т.д.

При нарушении оптимальных условий проведения процесса сульфитации нарастание цветности при выпаривании может быть пятикратным, потери сахарозы от разложения на верстате могут составлять 0,7 и даже 1 % к массе свеклы.

### 5.6.1. Неблагоприятное влияние сульфитации на ведение технологического процесса

Соковая сульфитация может привести к увеличению количества растворимых солей кальция и усилению «загорания» поверхности нагрева выпарки при несоблюдении оптимальной щелочности на II сатурации по минимальному содержанию солей кальция, как отмечалось выше.

Энергичная сульфитация приводит к накоплению избыточных количеств  $SO_2$  в белом сахаре и мелассе, ухудшая их качество. При сильной сульфитации сока и сиропа возможно повышение содержания золы в белом сахаре. Особенно резко может повыситься содержание золы в сахаре при работе с повышенным рН на II сатурации.

Другой источник повышения содержания золы в сахаре, связанный с сульфитацией, — инфицирование диффузионных аппаратов. При этом нитраты диффузионного сока превращаются в нитриты. Последние реагируют с биосульфит-ионом, образуя имидосульфонат калия  $HN(SO_3K)$ . При рН 6—8 имидосульфонат калия кристаллизуется вместе с сахарозой, увеличивая содержание золы в белом сахаре. При более высоких рН имидосульфонат калия накапливается в мелассе.

За рубежом большое внимание уделяется определению содержанию  $SO_2$  в белом сахаре. Разработаны автоматические приборы для этого определения, позволяющие проводить до 30 анализов в час. При повышенном содержании золы наблюдается нарастание цветности сахара при его хранении, повышается комкуемость сахара (особенно при неравномерности кристаллов сахара).

Даже малейшие следы  $SO_2$  в сахарных растворах вызывают разложение сахарозы. Разложение усиливается с повышением температуры,

снижением pH, увеличением продолжительности нагрева. Но сернистая кислота по инвертирующей способности в 6—7 раз слабее соляной. Если сульфитация проводится до слабощелочной реакции, то инверсия сахарозы незначительна, так как  $H_2SO_3$  расходуется на разложение соединений, которыми обуславливается щелочность сока и сиропа, чем исключается возможность одновременного действия **ее** на сахарозу.

При сульфитации сока и сиропа обычно наблюдается коррозионное разрушение оборудования, трубопроводов, так как в присутствии следов влаги  $SO_2$  обладает коррозионным действием.

Попадание  $SO_2$  в атмосферу ухудшает экологическую обстановку. Именно поэтому **сульфитация** во многих странах запрещена.

Учитывая отрицательное воздействие сульфитации на ведение технологического процесса, сахаротехники мира пытаются изыскать новые способы предотвращения нарастания цветности при выпаривании и уваривании.

### 5.6.2. Причины повышения содержания кальциевых солей в сульфитированном соке

На сульфитацию поступает мутный сок, т.е. плохо профильтрованный и содержащий частицы осадка. На сульфитации  $CaCO_3$  переходит в  $CaSO_3$ , при этом растворимость его выше, чем  $CaCO_3$ .

На II сатурации щелочность выше оптимальной, и на сульфитации  $Ca(OH)_2$  превращается в  $CaSO_3$ , что приводит также к увеличению содержания кальциевых солей в сульфитированном соке.

### 5.6.3. Оптимум сульфитации

Область оптимального действия 50, определяется, с одной стороны, по возможности более сильным предотвращением нарастания цветности при выпаривании и уваривании, с другой — минимальным разложением сахарозы при дальнейшем протекании технологического процесса.

Сок перед выпаркой необходимо сульфитировать так, чтобы в сиропе содержалось не менее 0,001 % свободных сульфитов к массе свеклы,

при этом необходимо вводить в сок от 0,005 %  $SO_2$  до 0,03 %  $SO_2$  к массе свеклы в зависимости от их качества.

Для получения более светлых сиропов желательнее было бы проводить более глубокую сульфитацию, до низких значений pH. Установлено, что при pH 9 только оксиметилфурфурол и метилглиоксаль, образующиеся при разложении редуцирующих веществ, быстро реагирует с  $SO_2$ . Лишь при pH менее 9  $SO_2$  вступает в реакцию с хромофорными группами продуктов разложения редуцирующих веществ и сахарозы (карбонильными), благодаря чему эти группы в горячих щелочных растворах не могут вступать в реакции с аминокислотами с образованием красящих веществ.

Действие  $H_2SO_3$  интенсивнее проявляется при низких значениях pH еще и потому, что в этих условиях наблюдается образование меньшего количества красящих веществ за счет более низких скоростей разложения редуцирующих веществ. В связи с этим в практике сахарной промышленности была широко распространена сульфитация до нейтральной и даже слабокислой реакции.

Оптимум сульфитации сока с точки зрения минимального разложения сахарозы можно определить с помощью расшифровки неучтенных потерь при выпаривании, определяя содержание редуцирующих веществ и кислот в соке и сиропе. Считается нормальным, если повышение содержания редуцирующих веществ в сиропе составляет 10—20 % по сравнению с их содержанием в соке.

Таким образом, при определении оптимального pH сульфитации сока следует учитывать потери сахарозы при выпаривании и уваривании и нарастание цветности на выпарке. Оптимальное pH сульфитированного сока следует рассматривать как компромиссное значение между pH > 8,5, предотвращающим (предупреждающим) разложение сахарозы, и pH < 8,5, исключаяющим разложение редуцирующих веществ. Если редуцирующие вещества разложены полностью, обоснована более щелочная реакция, если нет — целесообразно понижать pH, чтобы получить наименее окрашенный сироп, несмотря на разложение сахарозы.

Согласно общепринятым представлениям, следует сульфитировать сок при оптимальной щелочности II сатурации, определенной по минимальному содержанию солей кальция. При сульфитации соков, свободных от извести, карбонатная щелочность переходит в сульфитную.



При этом не происходит увеличения количества растворимых солей кальция. Значение рН понижается, так как сульфиты менее щелочные, чем карбонаты. Степень сульфитации сока определяется его натуральной щелочностью.

При переработке свеклы ухудшенного качества в течение значительного периода производства сок II сатурации не имеет избыточной карбонатной щелочности, щелочность сока II сатурации является известковой. При сульфитации образуется нерастворимый сульфит кальция ( $\text{CaSO}_3$ ), обладающий лишь слабым обесцвечивающим действием. Сульфит кальция вызывает «загорание» коммуникаций, фильтровального холста, поверхности нагрева выпарки.

В настоящее время при переработке свеклы ухудшенного качества для повышения рН сиропа и последующих продуктов уменьшают степень сульфитирования сока или полностью отключают сульфитацию сока, но обязательно следовало бы сульфитировать сироп.

От рН сиропа зависят неучтенные потери сахарозы и нарастание цветности в варочно-кристаллизационном отделении.

С помощью расшифровки неучтенных потерь сахарозы установлено, что оптимальное значение рН сиропа колеблется в пределах 7,6-8,2 в зависимости от качества свеклы и многочисленных трудно улавливаемых факторов. В каждом отдельном случае имеется свое оптимальное значение рН, отклонение от которого вызывает увеличение потерь сахарозы.

#### 5.6.4. Химические сульфитирующие реагенты, используемые в сахарной отрасли

Последующая информация будет полезна при подборе химических реагентов, используемых в сахарной отрасли.

При сильном падении рН на верстате эффективным может оказаться добавление в качестве сульфитирующего агента  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ . Добавление его не вызывает снижения рН растворов и не приводит к инверсии сахарозы, так как продукты его гидролиза имеют щелочную реакцию. Обеспечивающее и предотвращающее нарастание цветности действие  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  примерно на 30—40 % ниже, чем действие эквивалентного количества сернистой кислоты.

Определенным действием обладает и сернистоокислый натрий  $\text{NaHSO}_3$ . Добавление его вызывает некоторое снижение рН.

По силе действия сульфитирующие добавки можно расположить в следующий ряд:  $\text{SO}_2 : \text{NaHSO}_3 : \text{Na}_2\text{SO}_3 = 1,0 : 0,85 : 0,65$

При одинаковом рН все сульфитирующие добавки оказывают примерно одинаковое действие.

Наиболее сильно обесцвечивает гидросульфит натрия  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ , так как наряду с ионом  $(\text{HSO}_3)^-$  образуется еще и водород, действующий как восстановитель. Однако при применении гидросульфита натрия имеет место снижение рН.

Сульфит натрия рационально применять в случае падения рН на верстате при относительно невысоком содержании солей кальция в соках. При высоком содержании солей кальция лучше отдельное добавление соды и  $\text{SO}_2$ .

## Глава 6

### ФИЛЬТРАЦИЯ

Эффект очистки диффузионного сока в значительной мере зависит от качественного процесса фильтрации.

По технологии нам приходится фильтровать сок I и II сатурации, представляющие собой механические смеси, состоящей из жидкой дисперсной среды и взвешенных в ней твердых частиц. Кроме того, фильтрации с образованием фильтрующего осадка подлежат и сгущенные суспензии сока I и II сатураций, обладающие текучестью.

При очистке сока особое внимание нужно уделять содержанию в известковом камне углекислого магния ( $MgCO_3$ ), который обладает в 1,5 раза большей адсорбционной способностью, чем  $CaCO_3$ . При низкой щелочности сока I сатурации растворимость его в 10 раз больше, чем у  $CaCO_3$ , что способствует его переходу в сок II сатурации.

В связи с этим работа на I сатурации с перегазованием сока ниже 0,09 % CaO недопустима. При щелочности сока I сатурации выше 0,09—0,1 % CaO магний будет находиться в растворе в виде  $Mg(OH)_2$  с растворимостью порядка 0,0009 %, что минимизирует количество солей магния в соке I сатурации. Минимизация или удаление солей магния и кальция из сока является одним из условий сохранения уровня теплопередачи в теплообменниках и выпарных аппаратах и стабильного состояния фильтрующей ткани.

С вышеприведенным материалом связаны особенности технологии после фильтрации сока II сатурации. Они состоят в том, что часто обойтись без сульфитации сока мы не можем, так как в фильтрате, кроме магния, могут быть продукты разложения инвертного сахара.

Минимизировать содержание солей кальция и магния в соке можно следующим образом:

- нагрев сока перед II сатурацией до температуры 90—96 °C позволяет уменьшить содержание в соке полуторных окислов на 7 %, солей кальция – на 21 % и солей магния — на 15 %. Без технологии получения термостойкого сока эти показатели не могут быть достигнуты;

- «дозревание» сока II сатурации, правильнее кристаллизация части карбоната кальция из пересыщенного раствора после II сатурации с оптимальной длительностью этого процесса, с введением затравочных кристаллов карбоната кальция или перлита, или окиси магния. Если длительность процесса «дозревания» сока будет недостаточна, то количество солей кальция в соке не будет минимизировано. Введение в качестве затравки карбоната кальция или перлита в сок предпочтительней, чем окиси магния, так как его использование расширяет природу несахаров в соке.

В соке, поступающем на выпаривание, частицы с размером более 0,1 мкм не должны быть. Максимальное содержание твердой фазы в фильтрованном соке, поступающем на выпарку, должно составлять не более 0,01% к массе сока.

## Глава 7

## ПОЛУЧЕНИЕ ИЗВЕСТИ И ИЗВЕСТКОВОГО МОЛОКА

### 7.1. Требования к известняковому камню и твердому топливу

В сахарном производстве используют известь (CaO) и диоксид углерода (CO<sub>2</sub>) — сатурационный газ.

Для очистки соков в сахарном производстве применяют известковое молоко — известь в виде водной суспензии гидрата окиси кальция (Ca(OH)<sub>2</sub>). В технологическом процессе очистки соков Ca(OH)<sub>2</sub> подвергается карбонизации печным газом, содержащим 32-36 % диоксида углерода CO<sub>2</sub>.

От организации работы известково-газового отделения зависит эффект очистки сахарных растворов и выход сахарозы.

Основным условием нормальной работы известково-газовой печи является применение известнякового камня и твердого топлива соответствующего качества.

Требуемый химический состав известнякового камня приведен в табл. 12.

Для получения извести используют кокс с размерами кусков 25-40 мм, антрацит марки АКО (крупный орех) с размерами кусков 25-100 мм и в последнее время новое топливо — коксовый брикет размерами 40-60 мм.

Для сахарного производства теплота сгорания кокса должна быть не ниже 26377 кДж/кг, а содержание золы в нем до 12 %. Необходимо иметь в виду, что при обжиге зола попадает в известь, загрязняя ее.

Основные характеристики твердого топлива, мазута и природного газа представлены в табл. 13 и 14.

Из данных табл. 13 и 14 следует, что кокс и брикет значительно легче антрацита. Учитывая, что размеры кусков кокса меньше по сравнению с антрацитом, то в каждой дозе топлива их количество будет на порядок

выше.

Таблица 12. Требуемый химический состав известнякового камня  
(в % на 100 сухих веществ камня)

Показатели качества	Значение показателей качества по требованию технических условий (из литературных источников)			
	РБ, Россия	Чехия	Украина (ДСТУ 1451-96)	Стандарты ЕС
CaCO <sub>3</sub> , не менее	95,0	CaCO <sub>3</sub> + MgCO <sub>3</sub> не менее 96,0	93,0	96,0
MgCO <sub>3</sub> , не более	1,5	2,0	2,5	1,0
Посторонние примеси (глина и другие) не более	—	—	3,0	нет
Вещества, нерастворимые в соляной кислоте, не более (SiO <sub>2</sub> )	2,5	1,5	3,0	1,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , не более	1,5	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 0,8 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> – 0,3	—	—
CaSO <sub>4</sub> , не более	0,2	CaSO <sub>3</sub> – не более 0,8	—	—
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O, не более	0,25	нет данных	—	—
Фракционный состав известняка, мм	—	—	30-80 50-150 80-150	80-120 100-150 120-180

Следовательно, и очагов горения по сечению шахты печи будет практически в десять раз больше. В связи с этим показатели работы печи на антраците будут хуже, чем при работе на коксе, а требования к проведению процесса будут значительно жестче.

В конечном итоге, как указывают Панов В.В., Науменко В.Д., Баранов В.И., себестоимость активной извести, которая используется в производстве при работе на антраците, может оказаться выше, чем полученной на коксе. Кроме того, потери с летучими веществами у кокса будут в 4—5 раз меньше, чем у антрацита. Антрациты имеют легкоплавкую золу, которая способствует образованию плавов в печи. Исходя из этого, на сахарных заводах стран ЕС антрациты не используются.

Таблица 13. Основные характеристики твердого топлива

Наименование топлива	Показатели качества топлива <sup>1)</sup>					
	Низшая теплота сгорания, Q, ккал/кг	Влажность, W <sub>p</sub> , %	Зольность, A <sub>c</sub> , %	Содержание серы (общее) S <sub>c</sub> , %	Выход летучих веществ, V, %	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>
Кокс доменный, «+25 мм»	6800-6650	<5	11-13	<2	<1,2	750
Кокс каменноугольный	6600-6200	<8	13-15	<2	<2	750
Антрацит марки АКО	7000-6900	<6	8-10	<2	4-6	1100
Брикет марки БКУС	6600-6200	<5	11-13	<2	<1,2	740

*Примечание:* Значение индексов: Р – рабочая масса (рабочее топливо); С – сухая масса; Г – горючая масса.

Таблица 14. Состав твердого топлива и мазута

Наименование топлива	Влажность, %	Зола, %	Массовая доля горючих веществ, %					Насыпная плотность кг/ам <sup>3</sup>	Теплота сгорания кДж/кг
			С углерод	Н водород	S Сера	N азот	О кислород		
Антрацит АП, АК (>50мм)	4	6	94	1,8	1,9	1,0	1,3	1 100	31 243
Антрацит АМ, АС (12-25 и 6-13 мм)	5	14	93,5	1,8	2,0	1,0	1,7	1 100	27 109
Кокс (25мм)	4	11	96,5	0,4	1,0	1,2	0,9	750	27 800

*Примечание:* Теплота сгорания 1кг условного топлива принята равной 29310 кДж/кг, или 1000 ккал/кг.

Антрациты требуют специальной предварительной подготовки. В первую очередь необходимо обеспечить точное дозирование антрацита в шихту, хорошее перемешивание шихты в вагонетке скипового подъемника.

## 7.2. Ненормальности в работе известково-газовой печи

### 7.2.1. Недостаточная производительность известково-газовой печи

Причины низкой производительности известково-газовой печи могут быть следующие.

*Малая производительность известково-газовой печи.* Требуемый объем печи рассчитывают, исходя из условия, что с 1 м<sup>3</sup> объема можно получать 0,5 т извести в сутки.

*Низкая производительность газового насоса.* За счет увеличения производительности газового насоса можно повысить производительность известково-газовой печи. Однако при этом надо следить за тем, чтобы зона горения не поднималась слишком высоко и не было резкого падения уровня содержания СО<sub>2</sub> в сатурационном газе.

*Низкая температура обжига.* Температура обжига известняка должна быть 1000—1200 °С, т.е. зона обжига должна быть красного или оранжево-го цвета. Диссоциация СаСО<sub>3</sub> зависит от температуры и давления.

*Неудовлетворительное качество известняка.* Качество известняка, применяемого на сахарных заводах, характеризуется содержанием различных веществ:

- углекислого кальция. Известняк хорошего качества содержит 95—98 % СаСО<sub>3</sub>;
- сульфата кальция СаSO<sub>4</sub> (гипса). Его должно быть не более 0,4 %, так как более высокое содержание отрицательно влияет на гашение извести. При гашении извести он частично растворяется в воде и затем на выпарной установке выпадает в осадок, образуя накипь. Некоторое количество его попадает в известь с золой топлива. Кроме того, он может также образовываться в печи, если для обжига используется топливо, содержащее серу;
- окиси кремния, SiO<sub>2</sub>. Повышенное содержание окиси кремния (2—3 %) приводит к образованию «мертвой извести», так называемого перепала. Это связано с тем, что окись кремния SiO<sub>2</sub> образует тугоплавкие силикаты кальция, которые покрывают частички СаО стекловидной пленкой. Они не плавятся, но способствуют расплавлению других соединений, при

этом сами растворяются в них. Такая известь плохо гасится и попадает в отход. Оксид кальция, связанный с кремнеземом, представляет собой безвозвратные потери. Кроме того, под действием силикатов возможно спекание кусков известняка в большие конгломераты, которые, в свою очередь, спекаются с футеровкой печи, что может вызвать зависание их в виде неоседающего свода (в сахарном производстве это явление носит название образование «козла»). При гашении извести силикаты частично переходят в раствор и затем при выпаривании сока откладываются на теплообменной поверхности выпарного аппарата в виде накипи. Иногда вследствие выделения в раствор коллоидной кремневой кислоты замедляется процесс фильтрации соков;

- оксида железа. Присутствие его часто вызывает желтую или бурую окраску природного карбонатного кальция. При взаимодействии CaO с оксидом железа могут образовываться ферриты. Ферриты кальция, отличаюсь легкоплавкостью, способствуют понижению температуры плавления других соединений. В присутствии оксида железа возможно образование в печи так называемых «козлов». Оксиды железа большое негативное влияние оказывают и на стойкость футеровки печи;

- оксида алюминия. Он образует с оксидом кальция трехкальциевый алюминат, который обволакивает зерна оксида кальция, превращая активную известь в неактивную;

- оксидов щелочных металлов. Они, как и окись кремния, могут спекать куски известняка и образовывать «козлы», сплавляться с футеровкой печи и вызывать быстрый износ футеровки. Щелочи переходят в сок и снижают его чистоту,

- углекислого магния  $MgCO_3$ . Повышенное его содержание в известняке приводит к ухудшению фильтрования сока I сатурации. Если его содержание в известняке более 3 %, необходимо, чтобы щелочность на I сатурации была не ниже 0,1 % CaO. В противном случае соли магния не будут переведены в осадок и могут вызвать серьезные затруднения при фильтровании сока II сатурации. Наоборот, осаждение солей магния на I сатурации способствует дополнительному удалению красящих веществ и, следовательно, получению сока меньшей цветности.

*Неодинаковая величина кусков известняка.* Это весьма важный фактор обжига известняка. Время обжига прямо пропорционально размеру кусков известняка. Слишком крупные куски известняка медленно прогреваются,

поэтому требуется больше времени для их обжига. Уменьшая размер обжигаемых кусков известняка, можно увеличить производительность печи. Но при этом слишком мелкие куски известняка также вызывают затруднения: они оказывают большее сопротивление движению газа, следовательно, увеличивается разрежение в верхней части печи и в сети перед газовым насосом, увеличивается при этом количество засасываемого воздуха через неплотности и при загрузке камня.

Нормальные размеры кусков известняка: 90—120 мм в поперечнике при массе около 2 кг. Куски должны быть приблизительно одинаковыми. При неодинаковом размере кусков известняка обжиг его будет неравномерным. Примесь крупных кусков вызывает недопал, так как требуется больше времени для их обжига, а это приведет не только к снижению производительности печи, но и к тому, что жженая известь будет содержать как мелкие кусочки, так и крупные куски недопала.

Фракцию известняка с кусками размером 40—90 мм обжигают отдельно от крупной фракции.

Плотные известняки (крупнокристаллические структуры) обычно дают рыхлую, рассыпающуюся в порошок известь, и поэтому не пригодны для обжига в шахтных печах.

Карбонатные породы при обжиге претерпевают усадку или расширяются в зависимости от вида минеральных примесей. Одни примеси ускоряют рост кристаллов CaO в интервале температур 800-1100 °С, что разрыхляет структуру извести и увеличивает ее объем, другие, наоборот, уменьшают объем и увеличивают механическую прочность извести.

При выборе известнякового камня в качестве карбонатного сырья следует иметь в виду, что известь, полученная из камня с меньшей плотностью, при приготовлении известкового молока гасится водой значительно быстрее, чем известь из камня с большей плотностью. Чем быстрее и легче гасится известь, тем меньше воды расходуется на ее гашение. Такая известь более пригодна для очистки диффузионного сока.

### 7.2.2. Неполное сгорание топлива в печи

Смесь в массовом соотношении известняка и твердого топлива, загружаемая в печь, называют шихтой.

Очевидно, в качестве топлива можно применять лишь те сорта его, в

которых мало содержится летучих веществ, так как летучие вещества выделяются в зоне подогрева топлива, а не сгорают, следовательно, они теряются без пользы и лишь загрязняют получаемый из печи газ.

Для обжига карбонатных пород в шахтных печах используют кокс, антрацит, мазут и природный газ.

За границей для обжига известняка применяют обычно кокс.

Причины неполного сгорания топлива в печи могут быть следующие.

*Большие размеры кусков твердого топлива.* Эта причина приводит к неполному сгоранию топлива в печи. Топливо должно сгорать в зоне обжига. В зоне охлаждения жженая известь должна быть охлаждена так, чтобы при выгрузке из печи до нее можно было дотронуться рукой. Большие куски твердого топлива догорают в нижней части печи, и это сказывается на высоте расположения зоны горения. Несгоревшее топливо из обожженной извести нужно удалить, так как мелкие кусочки его вместе с известковым молоком будут попадать в насосы, запорную арматуру и затруднять их работу.

*Слишком мелкое топливо.* Оно имеет большую поверхность, быстрее горит, и зона горения перемещается вверх, за счет этого температура в зоне обжига может быть выше. В результате в обожженной извести присутствует перепал, так называемая «мертвая» известь. Наряду с этим увеличиваются потери тепла за счет восстановления диоксида углерода в оксид. Такое топливо (слишком мелкое) перед загрузкой в печь нужно увлажнять. Слишком мелкие куски твердого топлива при обжиге могут проваливаться между крупными кусками жженой извести и, не успевая сгореть, выгружаются вместе с обожженной известью.

Если в печных газах содержится окись углерода, то необходимо применять топливо более грубого измельчения. В результате применения слишком мелких и крупных кусков твердого топлива расход его увеличивается. Соотношение средних размеров кусков антрацита и известняка должно быть 1:1. Для кокса это соотношение может быть 1:2. То есть, допускается, что средний размер кусков известняка будет в 2 раза больше, чем у кокса. Это обусловлено тем, что насыпной вес кокса меньше, чем у антрацита, а коэффициент трения больше, и поэтому, даже имея меньшие размеры, кокс не будет проскакивать несгоревшим в зону охлаждения.

*Повышенный расход топлива.* Расход топлива обычно находится в пределах 6,5-7,5 % к массе известняка (для кокса — 6,5 %, для антрацита —

7,5 %). При большом расходе топливо не успевает полностью сгорать и в виде мелких кусочков выгружается вместе с обожженной известью. Кроме того, при избытке топлива увеличивается температура в зоне горения, что способствует образованию перепала.

*Повышение температуры в печи.* Основная причина — недостаточное количество подаваемого воздуха. При недостатке воздуха печной сатурационный газ охлаждается медленно, что приводит к повышению температуры в зоне обжига. С недостатком воздуха связано и неполное сгорание топлива.

*Использование для обжига мелкокускового известняка.* Так как мелкие куски известняка обжигаются быстрее, они будут обожжены раньше, чем сгорит весь кокс. В этом случае нужно проводить сортировку кокса и использовать его соответствующую фракцию. Топливо перед подачей в печь обязательно следует отсортировать, отделив мелкие (до 20 мм) и подробив крупные (более 100 мм) куски. Мелочь топлива легко проскакивает между кусками извести и выходит из печи несгоревшей. Крупные куски топлива не успевают сгореть и выгружаются вместе с известью. Отсев топлива позволяет снизить его расход на 5-10 %, повысить качество извести и поднять концентрацию  $\text{CO}_2$  в печном газе.

### 7.2.3. Неравномерный обжиг известняка

Неравномерный обжиг известнякового камня может происходить по следующим причинам:

- *плохое перемешивание известняка с твердым топливом.* Оба эти компонента перед загрузкой в печь должны быть хорошо перемешаны. Если это будет не соблюдено, то зона горения распределится неравномерно по всей площади поперечного сечения печи, а это приведет к неравномерному обжигу известнякового камня;
- *неправильная загрузка печи.* Загрузка и выгрузка материалов должны производиться равномерно, чтобы зона горения оставалась на нормальном уровне высоты печи.

### 7.2.4. Смещение зоны горения в печи

В печи может происходить смещение зоны горения вверх или вниз.

*Причины смещения зоны горения вверх:*

- повышенная производительность газового насоса. Газовые насосы отсасывают большое количество воздуха. Это приводит к нагреванию и сгоранию кокса уже в верхней части печи. При этом содержание  $\text{CO}_2$  в сатурационном газе уменьшается;

- наличие очень мелких кусков кокса. Такой кокс быстро сгорает, поэтому его надо увлажнять водой.

Загрузку шихты и выгрузку обожженной извести надо производить в требуемом количестве и равномерно, обычно каждые 2 часа,

*Причины смещения зоны горения вниз:*

- низкая производительность газового насоса. При недостатке поступающего в печь воздуха зона горения смещается в низ печи, где имеется достаточное количество кислорода;

- большая выгрузка обожженной извести. При большой **ее** выгрузке и малой загрузке печи шихтой зона горения смещается вниз;

- большой размер кусков кокса. При загрузке в печь большого количества кокса или кусков большого размера кокс не успевает сгорать в зоне обжига и его горение продолжается в зоне охлаждения.

### 7.2.5. Неудовлетворительное качество кокса (твердого топлива)

*Повышенная влажность кокса* — показатель его плохого качества. Влажность кокса зависит от способа его охлаждения. При охлаждении водой получается кокс большей влажности, чем при охлаждении воздухом. Иногда мелкий кокс нужно предварительно увлажнять.

*Высокое содержание золы.* Если в **состав золы входят соединения** с низкой температурой плавления (например, сульфиды), то возможно стекание известняка (образование «козлов»), увеличивается опасность «зависания» печи.

*Повышенное содержание серы.* Если в твердом топливе содержится повышенное количество серы, то при обжиге известняка образуется сернистый кальций, который затрудняет гашение извести и способствует увеличению содержания солей кальция в соке. Газовый кокс содержит обычно больше серы, чем металлургический.

*Нарушение соотношения средних размеров кусков твердого топлива.* Соотношение средних размеров кусков антрацита и известняка должно быть 1:1. Для кокса это соотношение может быть 1:2. То есть, допускается, что средний размер кусков известняка будет в 2 раза больше, чем у кокса. Это обусловлено тем, что насыпной вес кокса меньше, чем у антрацита, а коэффициент трения больше, и поэтому, даже имея меньшие размеры, кокс не будет проскакивать несгоревшим в зону охлаждения.

*Недостаточная твердость кокса.* Если кокс недостаточно твердый, то при загрузке он крошится. Мелкие кусочки сгорят раньше зоны обжига, а это может привести к образованию оксида углерода за счет восстановления диоксида углерода. Кроме того, возможно перемещение зоны обжига вверх.

### 7.2.6. Неравномерный обжиг по площади поперечного сечения печи

К основным **причинам** относятся:

- плохое перемешивание шихты;
- образование пробок. Это обычно связано с наличием мелких кусков известняка, твердого топлива и посторонних примесей — глины и песка. При этом в отдельных местах между кусками известняка в печи будет попадаться песок и глина, что затрудняет поступление воздуха в такие места и отражается на расположении зоны горения;

- сквозняки в помещении известкового отделения печи. Зона горения смещается вверх в направлении сквозняка. Выравнивания зоны горения достигают равномерной выгрузкой обожженной извести, но не увеличением выгрузки с той стороны, где эта зона выше.

- следующий важный параметр — удельная производительность печи. Она не должна превышать 8—11 т  $\text{CaO}$  с 1 м<sup>2</sup> сечения шахты печи в сутки (при использовании кокса 10—11 т  $\text{CaO}$  с 1 м<sup>2</sup>, при использовании антрацита — 8—9 т  $\text{CaO}$  с 1 м<sup>2</sup>). В противном случае появится жесткообожженная известь и повысится исходная загрязненность известкового молока, а главное — сократится выход из известкового отделения технологической извести.

### 7.2.7. Наличие недопала и перепала известнякового камня

*Недопал.* При большом количестве недопала снижается производительность известково-обжигательной печи. Необожженные куски можно возвращать для повторного обжига, только предварительно смешивая их со свежими кусками известняка.

Причины недопала:

- недостаточное количество загружаемого топлива;
- большой размер кусков известняка;
- плохое перемешивание шихты;
- неравномерная зона горения;
- недостаточное время обжига.

*Перепал.* При высокой температуре обжига известь содержит перепал, так называемую мертвую известь. При температуре около 1300 °С при спекании извести наблюдается разрушение пористой структуры, необходимой для хорошего гашения обожженной извести, а в случае плохого качества известняка (например, при большом содержании кремнезема) — и при более низких температурах. Гашение перепала протекает очень медленно — около 8 суток. Иногда гашение мелких частичек перепала продолжается на фильтрах, в результате чего разрушается фильтровальная ткань и ухудшается процесс фильтрации.

На верстате сокоочистительного отделения из пережога переходит в активное состояние и реагирует с диоксидом углерода только около 15 % извести. Кроме того, компоненты пережога, поступая в сокоочистительное отделение вместе с известковым молоком, осаждаются в сатураторах, сборниках, дефекаторах, трубопроводах, вызывая необходимость частых продувок аппаратов и увеличивая неучтенные потери сахарозы.

Причины перепала:

- высокое содержание силикатов в известняке. Они понижают температуру спекания извести. Очень опасно равномерное распределение силикатов по всей массе известняка;
- высокая температура в печи. Так как высокая температура в печи может быть обусловлена недостаточным количеством поступающего воздуха или избыточным количеством загружаемого топлива, для ее снижения в первом случае нужно увеличить производительность насо-

сов, а во втором — снизить расход топлива. В обоих случаях температуру в зоне обжига следует уменьшить ниже 1200 °С;

- слишком мелкие куски топлива. Мелкий кокс имеет большую поверхность, поэтому быстрее горит, и за счет этого температура в зоне обжига может быть выше. Такой кокс перед загрузкой в печь нужно увлажнять;
- высокое содержание серы в топливе. В этом случае образуется сернокислый кальций (гипс), который затрудняет процесс гашения;
- большая продолжительность обжига. Образование перепала может происходить при более низкой температуре, если куски известняка находятся в течение длительного времени в зоне обжига, что имеет место при применении кусков известняка различного размера. При этом мелкие куски будут перепалены, а крупные — обожжены недостаточно.

### 7.2.8. Повреждение футеровки печи

Причины:

*Высокая температура в печи.* Разрушение футеровки может иметь место при плохом перемешивании шихты, в результате чего температура в печи может увеличиться до 1600—1800 °С (температура плавления футеровки печи около 1800 °С). Смещение зоны горения в печи вверх также способствует разрушению футеровки.

*Химическое воздействие.* На футеровку печи оказывают вредное действие зола кокса, щелочи и содержащийся в известняке оксид кремния, так как в их присутствии куски известняка спекаются, образуя «козлы» и вызывая «зависание» печи.

*Механические повреждения.* При загрузке печи перед ее пуском известняк загружают в печь в емкостях или по деревянному желобу. Если же конструкция печи не позволяет **применять такой** способ загрузки, то ее проводят обычным способом, предварительно защитив стены задней части печи бревнами.

### 7.2.9. Зависание печи

В результате сплавления извести с футеровкой печи образуются «козлы». В этом и заключается «зависание» печи.



Образовавшиеся глыбы разрушают ломанами через смотровые люки.

В крайнем случае, когда известь вообще не выгружается из печи и заводу грозит остановка, можно попробовать разрушить «козлы» с помощью пара, образующегося при подаче холодной воды в зону горения. При этом необходимо иметь в виду опасность разрушения кожуха печи. Поэтому перед подачей воды должны быть открыты смотровые люки и загрузочное устройство, количество подаваемой воды должно быть небольшим.

Если и этот способ не даст результатов, то в месте зависания печи автогеном вырезают отверстие в ее корпусе, разбирают футеровку и «козлы» разрушают механически. После этого отверстие заделывают.

Зависание печи может иметь место и при ее разжигании, если при этом было загружено избыточное количество кокса и преждевременно начато отсасывание газа.

Причины:

- высокое содержание кремнезема в известняке;
- высокое содержание в коксе золы, способной к спеканию. В этом случае кокс нужно полить известковым молоком;
- неудовлетворительное качество огнеупорного кирпича;
- неправильно проводятся загрузка и выгрузка печи.

### 7.3. Получение сатурационного газа

Печной (сатурационный) газ, выходящий из печей, может иметь примерный следующий состав: двуокись углерода (углекислый газ) 30-40 %, кислород — 1,5-5 %, окись углерода — 0,1-3 %, азот — 55-60 %. Кроме того в нем содержатся окислы азота, смолистые вещества, хлориды щелочных металлов, мелкие частицы известняка и топлива. Общее содержание твердых частиц в 1 м<sup>3</sup> может составлять: до очистки 400-2500 мг при средних размерах частиц 120-150 мкм; после очистки 50-70 мг при средних размерах частиц 20-30 мкм. Следует отметить, что состав печного газа оказывает влияние на качество очищаемых соков.

Азот инертен к соку, кислород и оксид углерода частично поглощаются им.

Экспериментально установлено, что в процессе сатурации при содержании в сатурационном газе 1,9-4,4 % оксида углерода и 3,2-3,8 %

кислорода, за время карбонизации 1 дм<sup>3</sup> сока поглощается 78-94 мг оксида углерода и 215264 мг кислорода, что составляет около 30 % содержащегося в сатурационном газе кислорода и оксида углерода.

Так, повышенное содержание кислорода в газе (свыше 2,4-3,0 %) ведет к росту кальциевых солей, редуцирующих веществ и цветности.

Вследствие этого снижается чистота сока, уменьшается выход сахара.

Таблица 15. Зависимость чистоты очищенного сока от содержания кислорода в сатурационном газе

Показатели	Значение				
	1,8	3,0	5,2	5,9	7,9
Содержание кислорода в сатурационном газе, %	91,8	91,5	90,8	90,7	90,6
Чистота сока II сатурации, %					

Зависимость чистоты сока от содержания кислорода в сатурационном газе представлена в табл. 15. Кислород, поглощаемый сахарным раствором, вступает в химическую реакцию с сахарозой, моносахаридами, продуктами меланоидинообразования, окисляет их, вызывая коррозию аппаратов. Щелочная среда ускоряет эти реакции. Кислород окисляет также сульфиты до сульфатов, и поэтому их ингибирующая функция в образовании красящих веществ резко снижается. Присутствие железа ускоряет окисление сульфитов примерно в 5 раз. Промежуточные продукты реакции меланоидинообразования также способны поглощать кислород и усиливать образование красящих веществ.

Оксид углерода также влияет на очистку сока. Он замедляет карбонизацию извести в сахарных растворах. Например, при содержании в сатурационном газе 0,5 % оксида углерода продолжительность карбонизации увеличивается на 1/3 по сравнению с процессом, протекающим в среде без оксида углерода. При этом чистота соков как первой, так и второй сатурации снижается. Так, при содержании в печном газе 2 % СО снижается чистота соков на 0,6 %. Отсутствие оксида углерода положительно отражается на качестве продукта: быстро отсатурированный сок имеет повышенную чистоту (на 0,7-0,9 %), меньшую цветность (на 20—30 %), лучшие фильтрационные свойства.

Присутствующий в продукте оксид углерода создает иллюзию недостатка СО<sub>2</sub> в сатурационном газе. Чем ниже рН сока, тем больше оксид

углерода тормозит скорость реакции. Это наблюдается на II сатурации. Вследствие этого потери сахарозы для завода, перерабатывающего 7000 т свеклы в сутки, могут составлять до 4 т в сутки.

Увеличение концентрации оксида углерода (СО) можно объяснить повышением температуры газов в горящем слое топлива из-за отсутствия отбора тепла на разложение  $\text{CaCO}_3$ . Повышенное содержание СО в печном газе (более 3 %) указывает на возможность образования «козлов». В этом случае нельзя уменьшать отбор извести, так как уменьшение скорости движения шихты будет способствовать взаимодействию СаО с шамотной футеровкой печи. Уменьшить содержание оксида углерода в печном газе можно путем снижения температуры в зоне горения за счет правильной дозировки топлива и равномерного его распределения по сечению шихты.

Встречающееся иногда в литературе объяснение наличия СО в газах из-за недостатка воздуха лишено смысла. В печи всегда имеется подготовленное к горению топливо, и увеличение подачи воздуха приведет лишь к интенсификации горения.

При получении, подаче и очистке сатурационного газа могут иметь место следующие аномалии.

### 7.3.1. Низкое содержание диоксида углерода в сатурационном газе

При нормальной работе известково-газовой печи сатурационный газ, поступающий на станцию очистки диффузионного сока, должен содержать 30-36 % диоксида углерода, — 1,5-2,5 % кислорода и не содержать оксида углерода. При более низком содержании диоксида углерода, также как и при содержании оксида углерода, возрастает продолжительность процесса сатурирования.

Причины низкого содержания диоксида углерода в сатурационном газе могут быть следующие.

*Из коммуникации для отвода газа и в газопровывателе имеются подсосы воздуха.* Для их устранения перед началом производства проводят тщательный осмотр и ремонт коммуникаций.

*Неудовлетворительная работа загрузочного устройства.* Вслед-

ствие этого в сатурационный газ попадает воздух, снижается содержание диоксида углерода.

*Поступление в известково-газовую печь избыточного количества воздуха.*

Восстановление диоксида углерода при смещении зоны горения вверх. Об этом свидетельствует увеличение содержания оксида углерода в сатурационном газе при восстановлении диоксида углерода на раскаленном коксе в верхней части печи. Для смещения зоны обжига вниз можно добавить более крупный кокс, увлажнить его или уменьшить производительность газового насоса.

*Передозировка топлива.* Плохой отсев шихты от мелочи и грязи. Необходимо применить дозу топлива 6,5—7,0 % к массе известняка, улучшить отсев шихты.

Наиболее часто встречающееся нарушение режима работы печи — передозировка топлива. Как указывают Хвалковский Т.П. и Верченко Л.М., передозировка топлива приводит к ухудшению работы печи и снижению качества продуктов известкового отделения: снижается концентрация диоксида углерода  $\text{CO}_2$  в печном газе, из-за повышения температуры в зоне обжига уменьшается выход активной извести, повышается образование оксида углерода СО, окислов азота. При этом ухудшается работа станции дефекосатурации и увеличиваются потери сахара.

А недостаточное количество топлива в дозе, подаваемой в вагонетку скипового подъемника, к отрицательным последствиям не приводит. В этом случае получают печной газ с максимальным содержанием  $\text{CO}_2$  и минимальным содержанием СО. Так как обжиг происходит при пониженных температурах, содержание активной извести в обожженной извести максимальное. Единственное отрицательное последствие — повышение количества недопала. Устраняется это последствие повторным пересевом и обжигом этого недопала. Такой режим работы печи экономически целесообразнее и рекомендуется для работы.

*Несоответствие средних размеров топлива и известняка, плохой отсев шихты.* При этом наблюдается низкое содержание СО, в печном газе, высокая температура отходящего печного газа либо извести. Наличие недопала в извести. Смещение зоны горения вверх или вниз шихты печи. Обеспечить соотношение средних размеров топлива и известняка: для кокса — 1:2, для антрацита — 1:1.

### 7.3.2. Примеси в сатурационном газе

Сатурационный газ, выходящий из печи, очищают и охлаждают. Неочищенный газ нельзя подавать в газовые насосы во избежание коррозионного и абразивного износа их, а также отложения солей щелочных металлов и смолистых веществ.

Температура печного газа должна составлять: на выходе из печи — около 100 °С, после очистки — около 30 °С. Если температура газа после очистки будет выше, снизится производительность газовых насосов.

А это может привести к опусканию зоны обжига и понижению всех показателей работы печи.

Причинами плохой очистки и высокой температуры сатурационного газа, поступающего на газовые насосы, являются:

- недостаточное количество промывной воды;
- плохая работа циклонов («мокрая ловушка»);
- плохая работа газопромывателя (забиты форсунки, повреждены насадки).

### 7.3.3. Недостаточное количество сатурационного газа

О недостатке сатурационного газа свидетельствует тот факт, что даже при включении газовых насосов на полную мощность не удается нормально отсатурировать сок.

Причины:

*Недостаточная производительность газовых насосов.* При расчете и подборе их нужно исходить из того, что при суточной переработке 1000т свеклы расход сатурационного газа должен составлять 100л/сек.

*Сатурационный газ имеет высокую температуру.* При повышении температуры объем газа увеличивается, и для подачи такого газа требуется увеличить производительность газовых насосов. Причиной повышенной температуры сатурационного газа может быть неудовлетворительная работа газопромывателя (недостаточное количество промывной воды, температура которой на выходе повышается).

*Большое сопротивление трубопровода подачи сатурационного газа.*

*Низкий коэффициент использования диоксида углерода  $CO_2$  сатурационного газа на сатурации.* Это может быть вызвано низким уровнем

сока в сатураторах, плохой работой распределителя газа и тд. Его определяют на основании данных о содержании  $CO$ , в сатурационном газе на входе и выходе сатуратора.

## 7.4. Приготовление известкового молока

Известковое молоко должно иметь определенную концентрацию и высокое содержание активной извести. От качества известкового молока зависит расход извести на очистку, эффективность очистки диффузионных соков, количество продувок оборудования, уровень неучтенных потерь сахарозы и потерь сахарозы с фильтрационным осадком, возможность соблюдения технологических режимов, расход фильтровальных тканей. В большой степени содержание активной извести в известковом молоке влияет на расход известнякового камня и топлива на его обжиг.

Плотность известкового молока обратно пропорциональна количеству воды, вводимой с известковым молоком в технологический процесс, активность определяет скорость и полноту прохождения химических реакций на станции дефекосатурации, а количество взвешенных примесей влияет на точность дозирования известкового молока, долговечность работы технологического оборудования и насосного парка.

Наиболее характерные нарушения в работе оборудования по приготовлению и очистке известкового молока и способы их устранения следующие.

### 7.4.1. Плохое гашение извести

Причины плохого гашения извести могут быть:

- недостаточная температура воды, используемой на гашение. Чем она выше, тем быстрее идет процесс. Этот фактор в эксплуатационных условиях является важнейшим;
- недостаточное время гашения. Ограниченное время пребывания извести в гасителе может привести к снижению концентрации  $CaO$  в молоке;
- недостаточное количество промывной воды для гашения. При недостатке промывной воды известковое молоко имеет высокую относительную плотность и содержит мелкие частицы неразгасившейся извести, которые затем поступают на сатурацию и могут перейти даже в фильтра-

ционный осадок. Эта ненормальность обычно имеет место в случае, если объем дозревателя недостаточный. Количество известкового молока в нем должно быть таким, чтобы его было достаточно для обеспечения работы завода в течение не менее 4 часов;

- высокое содержание недопала и перепала в обожженном известняке. Для гашения перепала требуется много времени;

- повышенное содержание силикатов, гипса, солей железа и алюминия в обожженном известняке; при хранении обожженного известняка вследствие взаимодействия оксида кальция с диоксидом углерода и влажным воздухом образуется карбонат кальция и гидроксид кальция.

Следует помнить, что *скорость гашения извести зависит от следующих факторов:*

- *размера кристаллов СаО.* Чем они меньше, тем известь активнее процесс гашения идет быстрее, меньше мелких примесей в исходном молоке после гасителя. Это второй по значимости фактор;

- *наличия в продуктах гашения гипса, MgO, сахара,* так как они снижают скорость реакции. Так, использование 1 % раствора сахара замедляет процесс гашения в 6,5 раз, в сравнении с гашением чистой водой. Кроме того, в процессе гашения происходит частичное разложение сахарозы;

- *наличия поверхностно-активных веществ (ПАВ),* которые замедляют процесс гашения;

- *размера кусков извести,* чем они меньше, тем больше поверхность реагирования и активнее идет процесс гашения;

- *от времени и условий хранения извести.* Свежеобожженная известь гасится быстрее, чем длительно хранящаяся.

### 7.4.2. Примеси в известковом молоке

Присутствие примесей в известковом молоке возможно по причинам:

- высокое содержание посторонних примесей в известняке вследствие избыточного количества песка или несгоревшего топлива в обожженном известняке. Это может быть связано с неправильным хранением и погрузочно-разгрузочными работами с известняком или ошибкам в работе известково-газовой печи (неполное сгорание топлива). Если обожженный известняк содержит недопал, то в известковом молоке будет присутствовать карбонат кальция;

- высокая плотность молока, низкая температура воды на гашение. Необходимо увеличить температуру и подачу воды в гаситель.

- снижение активности печной извести из-за пережога. Закрыта выгрузка недопала из гасителя;

- периодическая подача молока на вибросита и гидроциклоны. Необходимо включить аппараты в контур непрерывной подачи молока.

- малый расход молока через гидроциклоны. Необходимо увеличить расход молока через гидроциклоны.

Практика работы свидетельствует, что классическая схема очистки известкового молока от взвешенных примесей (песка) с использованием песколовушки Русселя-Дорошенко и гидроциклонов не обеспечивает эффективное отделение песка вследствие того, что нижний сход песка циклонов направлен обратно в песколовушку Русселя-Дорошенко и приводит к повторной его рециркуляции в известковом отделении.

Для уменьшения содержания песка в известковом молоке целесообразно установить шнек-промыватель. Конструкция шнека предусматривает промывку песка нижнего схода с циклонов водой, которая затем подаётся на гашение извести.

При разбавлении нижнего схода песка с гидроциклонов водой обеспечивается возможность разделения взвешенных примесей путём седиментации, которая в плотном известковом молоке происходить не может. Направляемый на гашение извести промой повышает активность известкового молока благодаря тому, что он насыщен гидроксидом кальция до момента гашения извести.

Используя приведенные рекомендации можно уменьшить количество остаточных взвешенных примесей в очищенном известковом молоке в 3—4 раза. Применение очищенного молока позволяет также в несколько раз уменьшить количество «продувок» аппаратов на станции дефекосатурации и снизить потери сахара с выделяемой твердой фазой после них.

### 7.4.3. Низкое содержание активной извести в известковом молоке

Основное требование к печной (обожженной) извести — она должна **гаситься** водой за 10—15 мин., при этом должна достигаться температура

85—90 °С. Часть свободной извести, которая реагирует с водой при гашении — активная известь.

В целях снижения себестоимости извести и печного газа процесс обжига необходимо вести так, чтобы получать как можно больше активной извести ( $\text{CaO}_{\text{акт.}}$ ). Это достигают хорошей подготовкой и дозировкой шихты, а также низкими дозами топлива.

Известь нормального качества должна содержать более 88 % свободной и не менее 85 % активной извести.

Причины низкого содержания активной извести в известковом молоке:

- высокое содержание **песка** в обожженной извести;
- высокое содержание недопала в обожженной извести;
- высокое содержание сахара в промоях, применяемых для гашения. (сахара должно быть в промоях не более 5 %).

Большая продолжительность пребывания известкового молока в резервуарах-дозревателях отрицательно влияет на его активность вследствие образования агрегатов частичек  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и воды (гекса-аквакомплексы).

Разработан способ пароконденсационно-кавитационного повышения активности известкового молока, который предусматривает его обработку ретурным паром в количестве 0,12-0,15 % к массе свеклы в специальном устройстве.

В результате коллапса паровых пузырьков, в водно-известковой суспензии образуются кумулятивные струйки, которые разрушают агрегаты  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  известкового молока, а при контакте диспергированных частичек с пузырьками, которые конденсируются, происходит дополнительное их растворение вследствие выделяемой при этом теплоты. В результате образуется пересыщенная водно-известковая суспензия, в которой увеличивается содержание растворимых ионов  $\text{Ca}^{2+}$ .

Кроме того, в известковом молоке всегда присутствуют частички неразгашенного  $\text{CaO}$ , экранированные частичками  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . При их контакте с кумулятивной струйкой они разрушаются, что приводит к освобождению  $\text{CaO}$  и увеличению активности известкового молока.

Установка кавитационного устройства способствует уменьшению расхода извести на очистку на 0,1—0,3 %  $\text{CaO}$  к массе свеклы.

## Глава 8

### НАГРЕВАНИЕ И СГУЩЕНИЕ СОКА

Тепловая схема свеклосахарного завода должна обеспечивать:

- нагрев продуктов до температур, предусмотренных технологическим режимом;
- сгущение сока в выпарной установке до заданной концентрации сухих веществ в сиропе при минимально возможном нарастании цветности и разложении сахарозы;
- уваривание утфеля;
- обеспечение ТЭЦ (котельной) чистым конденсатом для питания паровых котлов;
- обеспечение завода горячей водой на технологические нужды.

#### 8.1. Нагревание сока

При работе подогревателей чаще всего бывают следующие отклонения.

*Низкая производительность подогревателей.* Причиной низкой производительности подогревателей является малая разность температур. С увеличением разности температур время нагревания уменьшается, однако расход тепла от времени нагревания практически не зависит.

*Низкие значения коэффициента теплопередачи.* Коэффициент теплопередачи — это количество теплоты, которое передается единицей поверхности в единицу времени при разности температур 1 °С.

Величина коэффициента теплопередачи зависит от скорости движения нагреваемой жидкости.

С увеличением значения разности температур, температуры греющего пара и нагреваемого сока теплопередача возрастает.

Причины низких значений коэффициента теплопередачи:

- образование накипи на поверхности нагрева;
- вязкость сгущаемого сока. С уменьшением вязкости раствора величина коэффициента теплопередачи увеличивается. С ростом темпера-

туры вязкость уменьшается, а поэтому величина коэффициента теплопередачи тем больше, чем выше значения температуры, при которых осуществляется теплопередача;

- низкая скорость движения сока в подогревателях;
- низкая скорость движения греющего пара. Чем больше скорость движения греющего пара, тем больше величина коэффициента теплопередачи;
- плохой отвод конденсата из греющей камеры. Это может быть вызвано плохой работой конденсатоотводчика, большим давлением в сборнике конденсата;
- наличие газов в греющей камере. С увеличением содержания газов в греющей камере теплопередача резко уменьшается. Если трубка отвода газов из греющей камеры холодная, то это свидетельствует, что газы плохо или совсем не отводятся из греющей камеры. Для устранения этого необходимо открыть вентиль на линии отвода неконденсирующихся газов;
- захват воздуха насосом. В этом случае сок сильно пенится и величина коэффициента теплопередачи резко уменьшается;
- недостаточная поверхность нагрева.

## 8.2. Выпарная установка (ВУ)

На работу выпарной установки и потребление пара основное влияние оказывают содержание сахара в свекловичной стружке, величина отбираемого диффузионного сока, чистота сиропа и содержание в нем сухих веществ. Поддержание оптимальной щелочности сока, обеспечение равномерного и непрерывного поступления сока на выпарку и отвода сиропа из нее, поддержание оптимальной разности температур в целом на выпарной установке и на отдельных ее ступенях, обеспечение ритмичной работы теплопотребителей, особенно при уваривании утфелей — основы правильной работы выпарной установки.

Выпаривание сока происходит при высокой температуре и связано с рядом химических изменений в составе сока, оказывающих влияние на его качество и эффективность работы выпарной станции.

При сгущении в соке происходит изменение рН, разложение сахарозы и моносахаридов, образование красящих веществ и выпадение осад-

ков. Эти изменения особенно интенсивно протекают при выпаривании неустойчивых к температурному воздействию соков.

Величина рН очищенного сока должна поддерживаться на уровне около 8,5–8,7, которое считается наилучшим для выпаривания. Более низкий рН приведет в результате к существенному гидролизу сахарозы из-за очень высокой температуры на выпарной установке. Температура кипения в первом корпусе выпарной установки может достигать 130–135 °С, что даже при коротком времени пребывания (например, 10 минут) вызывает существенные потери сахарозы из-за ее гидролиза. Известно, что при рН более 9,0 ускоряется образование красящих веществ в соке, что нежелательно с точки зрения обеспечения качества белого сахара.

Влияние величины рН на гидролиз сахарозы и образование красящих веществ уменьшается по направлению к концу выпарной установки, когда температура сока становится ниже. Обычно рекомендуется поддерживать рН сока на выпарке от 8,5 до 9,0, но несколько более широкий диапазон 8,0–9,0 приемлем для сиропа.

Для регулирования рН на выпарке требуется комплексный подход. Каким образом рН сока будет «вести» себя во время выпаривания зависит как от натуральной щелочности перерабатываемой свеклы, так и от способа работы завода на участках до выпарной установки.

Аномалии, которые могут возникать при выпаривании сока, не только снижают качество сиропа, но также снижают теплотехнические показатели завода и часто вызывают дополнительные потери сахара.

Наиболее часто встречаются аномалии, описанные ниже.

### 8.2.1. Малая производительность выпарной установки

Причины снижения производительности выпарной установки следующие:

*Переполнение конденсатом греющих камер.* Это имеет место при плохой работе гидравлических колонок или конденсатоотводчиков.

При этом бывают обычно нарушения температурного режима и колебание величин давления на выпарной установке. Величина полезной разности температур зависит от скорости движения пара.

*Плохая деаэрация греющих камер.* Коммуникация для отвода неконденсирующихся газов должна быть нагрета. Количество отводимых не-

конденсирующихся газов должно быть таким, чтобы их концентрация в смеси была ниже 2-4 %.

*Уровень сока в корпусах.* Если уровень сока слишком большой, то снижается интенсивность теплопередачи и циркуляции сока.

*Большое количество сока II сатурации.* Это имеет место при работе завода с превышением его нормальной производительности, неритмичной работе и др.

*Низкая концентрация сухих веществ в соке II сатурации.* Она обычно обусловлена большим отбором диффузионного сока, высоким расходом воды для обессахаривания фильтрационного осадка и низкой плотностью известкового молока, применяемого для очистки, а также попаданием воды в корпуса выпарной установки из линии ее подвода.

*Недостаточное количество греющего пара.* Оно обычно связано с поступлением недостаточного количества пара из ТЭЦ или увеличением расхода пара на уваривание утфелей. В таких случаях в корпусах выпарной установки трудно выдерживать требуемые параметры (температуру и давление).

*Неправильный отбор соковых паров из корпусов выпарной установки.* Об этом свидетельствует повышение давления в корпусах выпарной установки. Причиной этой аномалии является неправильное распределение соковых паров между отдельными потребителями или их неправильный отбор.

*Уменьшение разрежения.* Причиной может быть плохое обслуживание выпарной установки, например большой уровень сока в последнем корпусе; недостаточное количество воды, поступающей на барометрический конденсатор; ее высокая температура, а также плохой отвод неконденсирующихся газов.

*Разбавление сока водой.* Вода в выпарной аппарат может попадать по коммуникации ее подвода. Разбавление сока водой может происходить и всборнике сока перед выпаркой, в который подведена вода. Разбавление сиропа может происходить и за счет конденсата, образующегося из сокового пара, или конденсата, поступающего из паровой камеры вследствие нарушения ее герметичности.

*Образование накипи на поверхности нагрева.* О наличии накипи на поверхности нагрева свидетельствует увеличение температурного перепада в отдельных корпусах. При нормальной очистке сока и хорошим

его фильтровании образование накипи наблюдается главным образом в последних корпусах выпарной установки. Если же очистка сока и его фильтрование проведено не на должном уровне, то сильно «загорают» и первые корпуса выпарной установки. С увеличением толщины слоя накипи ухудшается сопротивление теплопередачи. Производительность чистой поверхности нагрева снижается от 100 % до 34—52 % при толщине слоя накипи 1 мм и до 20-35 % при толщине слоя 2 мм. Необходимо тщательно контролировать добавление гипса на диффузионной установке (для увеличения содержания сухих веществ от жатого жома). Обычно в компании «Бритиш Шугар» считается, что расход гипса свыше 110 кг/100 т свеклы не дает улучшения по содержанию сухих веществ, а только приводит к отложению сульфата кальция на ВУ.

Для предупреждения «загорания» ВУ нужно применять ингибитор накипеобразования.

По данным А.Р. Сапронова при непрерывном добавлении ингибитора в сок перед выпарной установкой толщина слоя накипи, образующейся к концу производственного сезона, уменьшается по сравнению с работой ВУ без ингибитора: в первом корпусе в 10-12 раз, во втором и третьем корпусах — в 4-6 раз.

Ингибитор накипеобразования или антинакипин — это полимер (полиакрилат натрия). Он работает, присоединяя образующиеся кристаллы кальциевых солей и удерживая соль в суспензии, предотвращая отложения на поверхностях теплообмена. Любая муть после фильтрации в соке, поступающем на ВУ, снижает действие антинакипина, поэтому для контроля на заводах устанавливают мутномеры.

*Недостаточная или избыточная поверхность нагрева.*

При недостаточной площади поверхности нагрева необходимое содержание сухих веществ сиропа обеспечивают за счет следующих мероприятий:

- уменьшение отбора диффузионного сока;
- увеличение температурного перепада пара в греющей камере;
- поддержания оптимального уровня сока в корпусах;
- предупреждения образования накипи на поверхности нагрева;
- правильного отвода конденсата из греющих камер;
- правильного отвода неконденсирующихся газов.

Если площадь поверхности нагрева выпарной установки оказывает

ся избыточной и на отдельных ступенях выпаривания имеется два или более выпарных аппаратов, то отключением одного аппарата или соответствующим переключением можно уменьшить поверхность нагрева выпарной установки или скорректировать ее так, чтобы производительность установки была приведена в норму.

*Неправильное распределение площади поверхности нагрева выпарной установки по корпусам.* Этот недостаток можно устранить или частично исправить, изменяя пароотбор из отдельных корпусов таким образом, чтобы поверхности их нагрева имели нормальную нагрузку.

*Неисправности воздушного насоса и конденсатора.* Причины:

- на конденсатор поступает недостаточное количество воды, или она имеет высокую температуру;
- ловушки насосов забиты листьями или другими примесями;
- плохо распыляется охлаждаемая вода;
- плохо отсасываются неконденсирующиеся газы;
- низкая производительность воздушного насоса;
- подача вспененной воды в конденсатор;
- неплотности в системе разрежения и подсос воздуха в систему.

### 8.2.2. Колебание концентрации сухих веществ в сиропе

Причины:

- неравномерное поступление сока на выпарную установку. Установить сборник сока перед выпаркой достаточно большой емкости;
- неравномерное поступление пара в греющую камеру первого корпуса;
- неравномерный отбор соковых паров;
- колебание разрежения. Оно может быть вызвано плохой работой конденсатора, одновременным началом уваривания утфеля в нескольких аппаратах или вследствие любой из описанных выше причин.

### 8.2.3. Высокие потери сахара при выпаривании

Причины:

- унос капелек сока с соковым паром. В последних корпусах он выше, так как скорость движения сокового пара в них больше;

- переброс сока. Чаще встречается в последних корпусах выпарной установки, т.к. вязкость сока в них выше, что затрудняет движение пузырьков пара. При высоком уровне сока в аппарате за счет подъема образовавшихся в нижней части аппарата пузырьков пара может резко увеличиться уровень сока;

- не герметичность греющих камер;
- пенение сока. При пенообразовании выпаривание ухудшается, так как пена покрывает поверхность выпаривания и пригорает. Для подавления пены применяют пеногасители;
- разложение сахарозы при выпаривании. Чем меньше времени сок пребывает в выпарной установке, тем меньше разлагается сахароза и ниже цветность сиропа. Количество разложенной сахарозы зависит от времени выпаривания и содержания сухих веществ в растворе. Высокому нарастанию цветности сока способствуют плохая циркуляция сока в корпусах, высокий уровень сока или слишком низкий, длительное пребывание его в аппаратах. Высокое нарастание цветности имеет место при сгущении сока пониженного качества, особенно содержащего значительное количество редуцирующих веществ.

Может иметь место повышение щелочности сиропа после ВУ. В этом случае нужно повышать щелочность сока II сатурации, не перегазовывать сок при высокой натуральной щелочности.

### 8.2.4. Большой расход пара на выпаривание и нагревание соков

На величину расхода пара оказывают влияние:

- величина пароотбора. При малом или неправильном отборе пара с выпарной установки на подогреватели и вакуум-аппараты из последнего корпуса установки в конденсатор поступает повышенное количество пара;
- потери тепла в окружающую среду. При плохой изоляции оборудования они могут быть значительными;
- потери тепла при отводе неконденсирующихся газов;
- количество и содержание сухих веществ в сульфитированном соке.

При увеличении количества сульфитированного сока и снижении в нем содержания сухих веществ расход пара увеличивается;



- температура кипения сока. При повышении температуры кипения сока расход пара увеличивается,
- величина коэффициента теплопередачи.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

---

В книге представлены причины и методы устранения наиболее распространенных технологических отклонений в сахарном производстве.

Обзор технологических отклонений представлен с момента посева сахарной свеклы, ее уборки, приемки, хранения и подачи сахарной свеклы в завод, рассмотрены технологические отклонения в свеклоперерабатывающем, сокоочистительном отделениях и на выпарной станции. Подробно рассмотрены отклонения на станции получения известкового молока и сатурационного газа.

Следует отметить, что в книге были рассмотрены наиболее распространенные и изученные ненормальности и отклонения в технологическом процессе производства сахара на современных заводах. Но для решения конкретного вопроса к нему нужно подходить индивидуально, так как порой известные методы борьбы с отклонениями технологического режима могут только усугубить ситуацию. И наоборот, применение нестандартных приемов, противоречащих общепринятым правилам, позволяют наиболее эффективно решить проблему.

Для достижения равномерной и ритмичной работы завода нужно учитывать множество факторов, начиная от качества свеклы поступающей на переработку и заканчивая качественным отбором и подготовкой вспомогательных материалов.

Несмотря на все это, на современном этапе технического развития можно достичь хороших показателей, зная узкие места технологического процесса описанные в этой книге.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Бугаенко, И.Ф.* Принципы эффективного сахарного производства / И.Ф. Бугаенко — М. : ООО «Инмашпроект», 2003. — 285 с.
2. *Сапронов, А.Р.* Технология сахарного производства / А.Р. Сапронов — М. : Колос, 1999. — 494 с.
3. *Ловкис, З.В., Турбан Т.И., Петюшев Н.Н. и др.* Очистка диффузионного сока в сахарном производстве. — Минск, «Беларуская навука», 2013. — 232 с.
4. Сахарная свекла. Проблемы повышения технологических качеств и эффективности переработки / Л.И. Чернявская [и др.]; под общ. ред. Л.И. Чернявской. — К. : Фитосоциоцентр, 2003. — 308 с
5. *Бугаенко, И.Ф., Тужилкин В.И.* Общая технология отрасли. Научные основы технологии сахара. Санкт-Петербург. 2007.
6. *Нагорная, В.А.* Методические рекомендации по изучению темы «Оптимальные условия проведения очистки соков в свеклосахарном производстве». // В.А. Нагорная — Киев, 1989 г. — 69 с.
7. *Добжицкий, Я.* Очистка соков в сахарном производстве. Пищевая промышленность. — 1964.- №3 — С. 27
8. *Олянская, С.П.* Коагуляция ВМС и ВКД диффузионного сока. // Сахар. — 1999. — №2. — С. 12-14.
9. *Лосева, В.А., Лисицкая Р.П.* Коллоиды в продуктах свеклосахарного производства. Известия вузов. Пищевая технология. — 1986. — №2. 622
10. *Рева, Л.П., Симахина Г.А., Логвин В.М.* Очистка диффузионного сока от белков. Известия вузов. Пищевая технология. — 1983. №5. С.52.
11. *Сапронов, А.Р., Колчева РА.* Красящие вещества и их влияние на качество сахара. М — Пищевая промышленность. 1975. — 348 с.
12. *Рева, Л.П., Симахина Г.А., Логвин В.М.* Коагуляция белков и продуктов деструкции на предварительной дефекации. Сахарная промышленность. 1985. №1. С. 25
13. *Рева, Л.П., Симахина Г.А., Логвин В.М., Виговский В.Ю.* Сахарная промышленность, 1982. №6. С.26—28.
14. *Захаров, К.П., Семененко В.З., Загородний П.П., Жижина Р.Г.* О расходе извести на очистку диффузионного сока. Сахарная промышленность, 1986, №1, с. 16-19.
15. *Захаров, К.П., Семененко В.З., Жижина Р.Г., Жаринов Н.И.* Возврат сатурационных осадков на преддефекацию. Сахарная промышленность, — 1981. — №7. С. 34—36.
16. *Олянская, С.П., Хомичак Л.М., Алексеев О.Л.* Влияние несугаров диффузионного сока на величину  $\zeta$ -потенциала карбоната кальция. Сахарная промышленность, — 1984. №4. С. 22-24
17. *Даишев, М.И., Решетова Р.С., Молотилин Ю.И. и др.* Патент №1838420 РФ. Способ очистки диффузионного сока. Б.И., 1993 г, №32.
18. *Решетова, Р.С., Даишева Н.М., Гаманченко М.А.* Патент №2169772 РФ. Способ очистки диффузионного сока.- Б.И., 2007, № 18.
19. *Хомичак, Л.М., Олянская С.П., Архипович Н.А., Алексеев О.Л.* Электроповерхностные характеристики карбоната кальция. Известия вузов. Пищевая технология. — 1983. — №3. С. 25-27.
20. Перевод с чешского и редакция Бугаенко И.Ф.. Технологические отклонения в сахарном производстве. — М. Агропромиздат, 1988. — 260 с.
21. *Даишев, Р.С. Решетова, Ю.И. Молотилин и др.* Патент; № 1838420 РФ. Способ очистки диффузионного сока. М.И.- БИ, 1993, № 32.
22. *Даишев, М.И., Молотилин Ю.И., Орлова Н.В. и др.* Рациональный способ предварительной очистки диффузионного сока. Сахарная промышленность. 1994. — № .4. С.23-25.
23. *Олянская, С.П.,* Агрегативная устойчивость высокомолекулярных соединений диффузионного сока. Сахар. 2000. №4. С. 16-21.
24. *Олянская, С.П.* Коагуляция ВМС и ВКД диффузионного сока. Сахар.

1999. №2. С. 12-14.
25. *Рева, Л.П.*, Петруша О.О., Литвин А.М. Оптимизация прогрессивной противоточной преддефекации диффузионного сока. Сахар. — 2012. — №6. С.37-45.
26. *Танашук, Л.И.*, Максимальное использование адсорбционной способности карбоната кальция. Л.И. Танашук, Н.А. Архипович, Сах. пром. — 1971. — №8. С. 32-34
27. *Жижина, Р.Г.*, Немчин А.Ф., Анисеев Ю.В. О технологической эффективности аэрационной обработки сока основной дефекации. Сахарная промышленность. — 1982 — №11 — С. 30-33.
28. *Цысь, В.А.*, Головняк Ю.Д., Немчин А.Ф. и др. Оптимальные условия кавитационно-аэрационной обработки сока на основной дефекации. Сахарная промышленность. — 1985 — №6 — С. 28-30.
29. *Рева, Л.П.*, Пушанко Н.Н., Симахина Г.А. Исследования оптимальных условий процесса I сатурации. Сахарная промышленность. 1997. №56. С. 25—27.
30. Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства». — Киев: ВНИИСИ, 1983. — 476 с.
31. *Табунчиков, Н.П.*, З.Т.Аксанов и др. Производство извести и сатурационного газа на сахарных заводах. //Москва. «Легкая и пищевая промышленность». 1981 г. — 175 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>Глава 1. САХАРНАЯ СВЕКЛА — ОСНОВНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА САХАРА</b> .....	4
1.1. Сроки сева и уборки корнеплодов сахарной свеклы .....	5
1.2. Внесение удобрений .....	8
1.3. Механические примеси в сахарной свекле .....	10
1.4. Свойства корнеплодов сахарной свеклы .....	11
1.5. Биологические показатели сахарной свеклы .....	15
1.6. Технологические показатели корнеплодов сахарной свеклы .....	16
<b>Глава 2. ПРИЕМКА И ХРАНЕНИЕ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ</b> .....	22
2.1. Темпы приемки свеклы .....	22
2.2. Начало производственного сезона переработки свеклы .....	22
2.3. Жизнь свеклы при хранении .....	23
2.3.1. Увеличение длительности периода хранения сахарной свеклы .....	24
2.3.2. Высокие потери сахара при хранении .....	24
2.3.3. Болезни свеклы при хранении .....	25
2.3.4. Порча сахарной свеклы при хранении .....	26
2.4. Защита свеклы при хранении .....	27
2.4.1. Причины низкой эффективности естественного вентилирования .....	28
2.4.2. Причины низкой эффективности активного вентилирования .....	29
2.4.3. Причины низкой эффективности применения препаратов .....	29
<b>Глава 3. ПОДАЧА СВЕКЛЫ В ЗАВОД И ЕЕ МОЙКА</b> .....	30
3.1. Химический состав сахарной свеклы .....	30
3.2. Требования к тракту подачи и очистки свеклы .....	34
3.2.1. Недостаточное количество подаваемой свеклы .....	35
3.2.2. Повреждение корнеплодов свеклы при подаче .....	38
3.2.3. Пенение на линии подачи и мойки свеклы .....	38
3.2.4. Высокие потери свекломассы и сахарозы .....	39
3.3. Отделение примесей .....	39
3.3.1. Недостатки в работе камнеловушек .....	40
3.3.2. Осложнения при работе соломотволочек и пескочувшек .....	41
3.4. Моющее отделение .....	42
3.4.1. Недостаточная производительность свекломойки .....	42
3.4.2. Недостаточное отмывание корнеплодов сахарной свеклы .....	43
3.4.3. Ненормальности в работе при эксплуатации свекломойки ротационного (барабанного) типа .....	44
3.5. Подача свеклы от свекломойки к свеклорезкам .....	44

<b>Глава 4. ПОЛУЧЕНИЕ СВЕКЛОВИЧНОЙ СТРУЖКИ И ДИФФУЗИОННОГО СОКА</b> .....	47
4.1. Требования к качеству свекловичной стружки .....	47
4.2. Нарушения при получении свекловичной стружки .....	48
4.3. Влияние качества свеклы на качество стружки .....	50
4.4. Влияние основных факторов на диффузионный процесс .....	51
4.4.1. Длительность процесса диффузии .....	52
4.4.2. Влияние температуры и величины рН на диффузионный процесс .....	55
4.4.3. Качество питательной воды .....	56
4.4.4. Пенообразование в диффузионных установках .....	57
4.5. Плохое перемещение стружки в диффузионном аппарате .....	58
4.6. Основные причины повышенных потерь сахара на стадии диффузии .....	59
4.7. Причины низкого качества диффузионного сока .....	62
4.8. Неполноценность в работе колонной диффузионной установки .....	64
4.9. Неполноценность в работе наклонной шнековой диффузии .....	66
<b>Глава 5. ОЧИСТКА ДИФФУЗИОННОГО СОКА</b> .....	69
5.1. Выбор технологической схемы очистки .....	69
5.2. Предварительная дефекация .....	71
5.2.1. Температура и продолжительность преддефекации .....	72
5.2.2. Изменение щелочности в процессе преддефекации .....	72
5.2.3. Пенообразование сока на преддефекации .....	75
5.2.4. Общие вопросы по проведению преддефекации .....	76
5.3. Основная дефекация .....	79
5.3.1. Поведение несахаров на дефекации .....	79
5.3.2. Продолжительность дефекации и температура .....	82
5.3.3. Недостаточное количество извести .....	85
5.3.4. Другие отклонения в процессе дефекации .....	90
5.4. I сатурация .....	90
5.4.1. Пересатурация сока .....	91
5.4.2. Недосатурация сока и образование пены .....	93
5.4.3. Нарушение оптимальной длительности процесса I сатурации .....	94
5.4.4. Нарушение температурного режима .....	95
5.4.5. Низкая утилизация углекислого газа .....	96
5.4.6. Снижение степени адсорбционного удаления растворенных несахаров .....	97
5.4.7. Плохие седиментационные свойства сока .....	101
5.4.8. Ухудшение фильтрования сока — высокая величина коэффициента фильтрации иона .....	103
5.4.9. Плохая фильтрация сгущенной суспензии .....	106
5.4.10. Недостаточное обессахаривание фильтрационного осадка .....	106
5.5. II сатурация .....	107
5.5.1. Трудности при переработке сахарной свеклы пониженного качества .....	108

5.5.2. Затруднения при работе с добавлением извести на II сатурацию .....	111
5.5.3. Противопоказания добавления извести на II сатурацию .....	111
5.5.4. Повышение содержания кальциевых солей в соке II сатурации .....	112
5.5.5. Минимизация содержания солей кальция .....	115
5.6. Сульфитация .....	124
5.6.1. Неблагоприятное влияние сульфитации на ведение .....	125
5.6.2. Причины повышения содержания кальциевых солей в сульфитированном соке .....	126
5.6.3. Оптимум сульфитации .....	126
5.6.4. Химические сульфитирующие реагенты, используемые в сахарной отрасли .....	128
<b>Глава 6. ФИЛЬТРАЦИЯ</b> .....	130
<b>Глава 7. ПОЛУЧЕНИЕ ИЗВЕСТИ И ИЗВЕСТКОВОГО МОЛОКА</b> .....	132
7.1. Требования к известняковому камню и твердому топливу .....	132
7.2. Ненормальности в работе известково-газовой печи .....	135
7.2.1. Недостаточная производительность известково-газовой печи .....	135
7.2.2. Неполное сгорание топлива в печи .....	136
7.2.3. Неравномерный обжиг известняка .....	139
7.2.4. Смещение зоны горения в печи .....	139
7.2.5. Неудовлетворительное качество кокса (твердого топлива) .....	140
7.2.6. Неравномерный обжиг по площади поперечного сечения печи .....	141
7.2.7. Наличие недопала и перепала известнякового камня .....	142
7.2.8. Повреждение футеровки печи .....	143
7.2.9. Зависание печи .....	143
7.3. Получение сатурационного газа .....	144
7.3.1. Низкое содержание диоксида углерода в сатурационном газе .....	146
7.3.2. Примеси в сатурационном газе .....	148
7.3.3. Недостаточное количество сатурационного газа .....	148
7.4. Приготовление известкового молока .....	149
7.4.1. Плохое гашение извести .....	149
7.4.2. Примеси в известковом молоке .....	150
7.4.3. Низкое содержание активной извести в известковом молоке .....	151
<b>Глава 8. НАГРЕВАНИЕ И СГУЩЕНИЕ СОКА</b> .....	153
8.1. Нагревание сока .....	153
8.2. Выпарная установка (ВУ) .....	154
8.2.1. Малая производительность выпарной установки .....	155
8.2.2. Колебание концентрации сухих веществ в сиропе .....	158
8.2.3. Высокие потери сахара при выпаривании .....	158
8.2.4. Большой расход пара на выпаривание и нагревание соков .....	159
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	161
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	162

Производственно-практическое издание

**ПРИЧИНЫ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОТКЛОНЕНИЙ  
В САХАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ,  
МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ**

Компьютерная верстка *А. В. Засулевича*  
Корректор *М. Н. Юшкевич*

Подписано в печать 20.05.2016 г. Формат 60x84/16.  
Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 9,76. Уч.-изд. л. 7,29.  
Тираж 100 экз. Заказ 152.

Республиканское унитарное предприятие «Информационно-  
вычислительный центр Министерства финансов Республики Беларусь».  
Свидетельства о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№1/161 от 27.01.2014, №2/41 от 29.01.2014.  
Ул. Кальварийская, 17, 220004, г Минск.