

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЗОПАСНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЫПАРНОЙ УСТАНОВКОЙ САХАРНОГО ЗАВОДА

Ляшенко С.А., д.т.н., доц., Фесенко А.М., ст. преп.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко*

Ляшенко А.С., к.т.н., доц.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

В статье проведен анализ процесса выпаривания очищенного сока на сахарном заводе. Рассмотрены проблемы, возникающие при изменении опасных технологических параметров процесса выпаривания. Предложены мероприятия по улучшению условий труда и повышению безопасности процесса выпаривания сока.

Введение. Производство сахара является одной из важнейших отраслей пищевой промышленности нашего государства. Сахарное производство, в основном, базируется на непрерывности технологического процесса с использованием автоматизированного непрерывно действующего оборудования на основных производственных участках.

По эффективности производства сахара Украина значительно отстает от развитых западных стран, активно занимающихся сахарным производством. Условия высокой конкуренции современной действительности на первый план выводят такие показатели как качество, энергопотребление, себестоимость и безопасность. Такие критерии диктуют необходимость применения самых последних достижений современной науки для получения безопасных технологий и эффективной организации сахарного производства [1].

Одним из способов повышения уровня производства сахарной отрасли является использование автоматизации, которая позволяет повысить эффективность труда, улучшить качество продукции, создает условия для оптимального использования всех ресурсов.

Масштабность задач, которые решает сахарная промышленность, требует создания заводов, цехов, участков производства с высокой степенью безопасной механизации и автоматизацией производства; технологическими процессами и производством на базе использования ЭВМ; создания приборов и систем автоматизации на базе традиционных технических средств, а также микропроцессорной техники.

Автоматизация сахарного производства обеспечивает качественную и эффективную работу технологических участков только в случае комплексного подхода к решению этой задачи. При таком подходе следует подготовить к автоматизации технологическое оборудование, технологию и выбрать

необходимые средства автоматизации для основных и вспомогательных процессов.

Автоматизация технологических процессов является едва ли не решающим фактором повышения производительности и улучшения условий труда, а также улучшения экономических показателей.

Анализ состояния вопроса. Среди всех процессов производства сахара – очистки свеклы, диффузии, очистки и выпарки сока, кристаллизации и сушки сахара, одним из важнейших этапов является выпаривание сока. Важность этого технологического процесса заключается в том, что он является основным потребителем и в то же время производителем пара для всего оборудования сахарного завода, которое использует тепло. Расходование оптимального количества пара для поддержания необходимых тепловых режимов это основа энергоэффективности сахарного производства.

Процесс выпаривания в сахарном производстве предназначен для повышения концентрации сахара в растворе путем удаления из него воды в виде пара. Процесс проводится в условиях атмосферного или избыточного давления или под вакуумом. При этом наиболее экономичным является выпаривание под вакуумом. Снижение затрат возникает вследствие того, что при испарении под вакуумом снижается температура кипения раствора, поэтому может быть использован пар более низкого потенциала. В этом случае вторичные пары используются для нагрева следующих корпусов выпарной станции и для грева всей теплопотребляющей аппаратуры завода.

При автоматизации выпарной установки (ВУ) должно быть предусмотрено регулирование подачи испарительного сока на установку, уровня сока в выпарных аппаратах, давления сокового пара в 1 корпусе и разрежения в концентраторе, контроль плотности сока перед выпарной станцией, контроль давления и уровня в корпусах выпарной установки. Расход пара на выпаривание составляет до 40 % к массе переработанного сахарной свеклы. Греющий пар подводится на ВУ с коллектора (ретурный пар), в котором контролируется температура и давление. Оптимальные условия работы ВУ обеспечиваются путем контроля и регулирования заданных параметров теплового режима по каждому корпусу ВУ.

Испарительная способность выпарной установки достигается за счет полезной разности температур между греющим и соковым паром по корпусам, что обеспечивается путем стабилизации перепада тепла на выпарной установке, как разница между температурой раствора в первом и последнем корпусе установки. Если указанный перепад выдержан, то давление по корпусам устанавливается автоматически как на саморегулируемом объекте.

Температура по корпусам разная. Например, в типовой 4-х корпусной установке с концентратором в I корпусе примерно 126-128 °С, а температура кипения сока в концентраторе не должна быть ниже 60 °С. На каждом испарительном корпусе установлен прибор для измерения уровня сока. Также уровень можно увидеть в смотровом стекле. Оптимальные значения уровней по корпусам (в %, от высоты кипяtilьных труб): I - 20-30 %.

Отклонение уровня от норм приводит к нарушению технологического

режима испарения. Качество работы выпарной станции оценивают по плотности сиропа на выходе с последнего корпуса. При снижении плотности сиропа расход пара на выпаривание резко увеличивается, так как довыпаривание воды ведут в вакуум-аппаратах с двукратным использованием пара, а продолжительность уваривания утфеля I продукта увеличивается. Согласно современных нормативных показателей плотность сиропа должна составлять 72-75 % СВ.

Чтобы поддерживать уровень в условиях, удовлетворяющих технологический режим, необходимо следить за уровнем фильтрованного сока в сборнике перед выпарной станцией, температурой и давлением ретурного пара, разрежением в концентраторе.

Также важно, чтобы сборник после выпарки не был пустым и переполненным, так как от этого зависит величина содержания сухих веществ в сиропе. Надежная работа конденсатного хозяйства выпарной установки достигается путем правильного выбора размеров сборников конденсата и диаметров регулирующих органов. Размеры сборников конденсата выбирают из условия сепарации пара кипения конденсата. Они должны отвечать не менее чем двухминутному расходу конденсата при номинальной производительности завода.

Для нормального протекания технологического процесса выпаривания очищенного сока в выпарной установке обязательным условием является соблюдение заданных параметров уровня по корпусам выпарной станции. В случае понижения уровня в корпусе возможно закипание кипяtilьных трубок, что является недопустимым. При превышении уровня возникает вероятность попадания перебросов сока в паровую камеру следующего корпуса, а если это превышение уровня на первом корпусе, то возможно попадание сахара в паровую камеру второго корпуса и конденсат питающей ТЭЦ завода. В связи с этим к точности поддержания заданного значения уровня предъявляются очень высокие требования, и от качества регулирования уровня зависит качество работы выпарной станции. Современная система автоматизации дает возможность надежного контроля и регулирования уровня и обеспечивает защиту и блокировку от переполнения.

Температура является одним из важнейших параметров в технологическом режиме работы выпарной установки и имеет четко установленные значения, соблюдение которых обеспечивает скорость и качество процесса выпаривания. В случае повышения температуры происходит дегидратация сахарозы с образованием потемневших карамелей, и она подвергается щелочному разложению. Также происходит интенсификация процесса образования накипи на кипяtilьных трубах. В случае понижения температуры значительно замедляется и нарушается технологический режим работы выпарной установки. Понижение температуры также приводит к нарушению работы других станций завода (вакуум - аппаратов, диффузии), так как вторичный пар из испарительной установки используется для их работы.

В ВУ ретурный пар подается только в первый или в третий корпус, а греющей средой для других корпусов ВУ является вторичный пар, который переходит из предыдущего корпуса ВУ в греющую камеру следующего корпуса.

Этим обеспечивается экономия условного топлива, так как вторичный пар будет иметь меньшую температуру и давление. Вот почему в корпусах выпарной установки разное давление.

Следовательно, специфичность технологических сред (наличие механических включений, смолообразование, отложение твердых осадков, накипь, пенообразование, высокая вязкость и др.), высокая влажность и температура окружающей среды, создают определенные трудности при определении безопасных режимов работы ВУ. Для достижения эффективной работы системы автоматизации, позволяющей повысить производительность и безопасность производства, необходимо оперативно определять изменения, происходящие при работе ВУ, реагировать на эти изменения, а также поддерживать безопасность режимов работы выпарной установки, которые могут возникать в результате изменения эксплуатационных условий.

Цели и задачи. Определения технологических параметров работы ВУ, влияющих на безопасность режима выпаривания очищенного сока, а также повышение безопасности и улучшения условий труда в отделении выпарки путем упорядочивания организационной работы по вопросам безопасности.

Задачей работы является определение основных несоответствий в режимах работы выпарной установки и разработка мероприятий для повышения безопасности технологического процесса выпаривания.

Основная часть. Как отмечалось выше, важным фактором, влияющим на поддержание температурных режимов работы ВУ, является такой технический параметр, как диаметр теплообменных труб, который изменяется в зависимости от толщины накипи, появляющейся при нагреве сока, движущегося в этих трубах. Появление накипи приводит к изменению коэффициента теплопередачи, который определяется следующим выражением

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (1)$$

где: α_1 – коэффициент теплоотдачи от конденсирующегося пара к внешней стенке трубки;

$\sum \frac{\delta}{\lambda} = \frac{\delta_m}{\lambda_m} + \frac{\delta_n}{\lambda_n}$ – суммарное термическое сопротивление стенки трубки и накипи;

α_2 – коэффициент теплоотдачи от внутренней стенки трубки к кипящему раствору [2].

В качестве материала греющих трубок используется сталь 20. Ее коэффициент теплопроводности $\lambda_m = 46,5 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$.

Толщину накипи принимаем $\delta_n = 0,0005 \text{ м}$ для 1-2 корпусов выпарной установки и $\delta_n = 0,002 \text{ м}$ - для остальных корпусов, а ее коэффициент теплопроводности - $\lambda_n = 2,5 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$ [2].

Значения $\sum \frac{\delta^{(1-2)}}{\lambda} = 0,000243 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, $\sum \frac{\delta^{(3-5)}}{\lambda} = 0,000865 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$. [3, 4].

Как известно, поверхность теплообмена выпарного аппарата определяется из выражения [1, 3, 5]:

$$F_{1-5} = \frac{Q_1}{K_1 \cdot t_{1-5}}, \quad (2)$$

где: Q – тепловая нагрузка аппарата, кВт;

t – температура сока, °C.

Очевидно, что изменение коэффициента теплопередачи приведет к изменению поверхности теплообмена выпарного аппарата, а соответственно и режима работы пятикорпусной ВУ, работающей на Кириковском сахарном заводе.

Проделав расчет приведенных выражений, были получены соответствующие результаты, представленные таблицей 1 [4].

Таблица 1 – Расчетные значения тепловой нагрузки и площадей нагрева ВУ

Наименование	Обозначение	Корпус				
		1	2	3	4	5
1. Полезная разность температур, °C	$\Delta t''$	6,9	7,3	8,41	9,6	12,0
2. Суммарная полезная разность температур, °C	$\sum \Delta t''$	44,21				
3. Тепловая нагрузка аппарата, кВт	Q	19158	17916	8516	3734	1008
4. Коэффициент теплопередачи, Вт/м ² °C	K	1860,4	1355,5	858,5	486,5	157,9
5. Поверхность теплообмена, м ²	F	1493	1811	1180	799	532
6. Число греющих трубок, шт	n	3304	3986	3602	3541	2566

В таблице 2 приведены реальные производственные характеристики ВУ.

Таблица 2 – Производственная характеристика ВУ

Выпарная установка	Тип, марка	Количество теплообменных трубок	Длина теплообменных трубок, м	Поверхность нагрева, м ²
1 корпус	А2-ПВВ	3522	4360	1500
2 корпус	А2-ПВВ	3852	4360	1800
3 корпус	А2-ПВВ	3852	3160	1184
4 корпус	Роберта	2830	2180	800
5 корпус	Роберта	2550	200	500

Основные характеристики производственного теплогенерирующего и теплоиспользующего оборудования и расчетного, принятые для анализа, приведены в таблицах 1 и 2.

Сравнивая полученные показатели, мы видим различия в расчетных и

реальных значениях поверхностей нагрева корпусов ВУ. Следовательно, представленные значения подтверждают заключение, что изменение диаметра теплообменных труб ВУ приводит к изменению тепловых режимов работы ВУ, что соответственно приводит и к возникновению опасностей при эксплуатации ВУ.

Одним из важнейших подходов в решении вопроса по обеспечению безопасной работы ВУ является использование автоматизированной системы сигнализации, так как оператор не в состоянии обеспечить эффективное слежение за всеми параметрами функционирующего объекта. Сигнализация служит для предупреждения обслуживающего персонала об отклонениях параметров от нормы, или про аварийный режим работы ВУ. Система автоматизации должна обеспечить надежность и экономичность работы ВУ, а также свести к минимуму физические затраты и позволит снизить численность обслуживающего персонала. В современных системах автоматизации для этих целей используют микропроцессорную технику и ПЕВМ.

Кроме того необходимо придерживаться следующих требований безопасности при работе с выпарными аппаратами:

1. Изготовление, монтаж и эксплуатация выпарных аппаратов, работающих под давлением, должны соответствовать требованиям «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

2. Выпарные аппараты должны быть снабжены:

- запорными устройствами для отключения аппаратов от трубопроводов;
- мановакуумметрами на паровой камере и надсоковом пространстве;
- рычажными и пружинными предохранительными клапанами, установленными на паровой камере и в надсоковом пространстве аппаратов, работающих под давлением;

- термометрами для измерения температуры в паровой камере и надсоковом пространстве;

- устройством для удаления конденсата.

3. Конструкцией выпарных аппаратов должны быть предусмотрены:

- узлы установки датчика уровнемера сока;
- штуцеры для подключения коммуникаций реагентов химической очистки (раствора соды и кислоты), а также люки - лазы с открывающимися крышками;
- устройство для ввода масла в надсоковое пространство.

4. Выпарные аппараты должны быть оборудованы смотровыми окнами и уровнемерами сока. Стекла смотровых окон должны быть термостойкими в соответствии с ГОСТ 21836-88. Смотровые окна корпусов выпарной станции, работающих под давлением, должны быть оборудованы предохранительной сеткой.

5. Конструкция выпарного аппарата должна предусматривать возможность замены труб через люк в верхней части аппарата без демонтажа встроенного сепаратора.

6. Аппараты должны комплектоваться приспособлениями подъема и опускания нижних днищ.

7. Для осуществления контроля технологического процесса,

происходящего в выпарных аппаратах, на них должны быть оборудованы смотровые и сокомерные стекла. На смотровых стеклах корпусов выпарной станции, работающих под давлением, должны быть установлены защитные сетки.

8. Каждый аппарат должен сопровождаться следующей технической документацией:

- паспортом;
- инструкцией по монтажу и безопасной эксплуатации;
- перечнем запасных частей;
- расчетом на прочность элементов аппарата;
- сборочными чертежами аппарата, чертежами расчетных элементов и таблицами контроля;
- схемой автоматического регулирования уровня сока;
- товаросопроводительной документацией, актом приемки аппарата.

9. В комплект поставки должны входить: аппарат, изготовленный и укомплектованный в соответствии со спецификацией сборочного чертежа; запасные части; инструмент; материалы и съемные детали;

10. При длительной остановке завода в выпарных аппаратах может возникнуть спонтанное разложение продукта, находящегося в статическом состоянии, вследствие возникновения сахароаминной реакции, с целью ее недопущения необходимо:

- закрыть задвижки поступления пара на 1 корпус выпарной станции;
- освободить выпарные аппараты от сока;
- полностью открыть вентили отвода неконденсирующихся газов;
- закрыть дренажные вентили на паровых трубопроводах;
- заполнить корпуса выпарных аппаратов умягченной водой;
- отключить корпуса выпарной станции от соковых, водяных, паровых, конденсатных трубопроводов путем установки заглушек с выходящими наружу хвостовиками, согласно схеме отключения;
- открыть верхний люк - лаз.

Вывод. Эффективность процесса выпаривания сока зависит от изменения параметров работы ВУ, которые возникают при несоответствии температурных режимов работы ВУ, в свою очередь зависящих от технических изменений, возникающих в конструкции узлов при эксплуатации ВУ. Изменение площади теплообмена, из-за появления отложений в теплообменных трубках ВА приводит к изменению тепловой нагрузки ВУ. Улучшение процесса производства достигается путем внедрения современных средств АСУ ТП, которые позволяют поддерживать необходимые технологические режимы работы ВУ. Кроме того, необходимо выполнять требования по безопасной эксплуатации и контролю работы ВУ, организации работы, а также должны соблюдаться требования «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

Список использованных источников

1. Стратегия автоматизации производства сахара [Электронный ресурс] / В.Ю. Белоусов, А.Ф. Литвинов, О.А. Потапов, Ю.Н. Горчинский // Сахар. 2002. – №1. – Режим доступа до журн.: <http://www.loes.ru/main/technology/tech-map.html>.
2. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.
3. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства / А.Р. Сапронов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 436 с.
4. Ляшенко С.А. Выбор автоматизированных режимов работы выпарной установки сахарного завода / С.А. Ляшенко, А.С. Ляшенко, А.М. Фесенко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. «Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні». Харків. Вип. 106. 2010. – С. 217-231.
5. Малежик І.Ф. Процеси і апарати харчових виробництв: Підручник / І.Ф. Малежик, П.С. Циганков. – К.: НУХТ, 2003. – 400 с.

Анотація

ВИЗНАЧЕННЯ БЕЗПЕЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВИПАРНОЇ УСТАНОВКИ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

Ляшенко С.О., Фесенко А.М., Ляшенко О.С.

В статті проведено аналіз процесу випарювання очищеного соку на цукровому заводі. Розглянуто проблеми, які виникають при зміні технологічних параметрів процесу випарювання, і які можуть призвести до небезпеки. Запропоновані заходи по покращанню умов праці та підвищенню безпеки процесу випарювання соку.

Abstract

DETERMINE THE SECURITY MODE FOR AUTOMATED CONTROL SYSTEM EVAPORATORS OF SUGAR FACTORIES

S. Lyashenko, A. Fesenko, A. Lyashenko

The article analyzes the process of evaporation of the thin juice in a sugar factory. The problems arising from a change of dangerous technological parameters of the evaporation process. The measures to improve the working conditions and improve the safety of the juice evaporation process.