

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ САХАРНОГО ЗАВОДА

Ляшенко С.А., к.т.н., Беяева И.С.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенко

Ляшенко А.С., к.т.н.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

В статье сделан анализ технологических показателей, которые используются для автоматизации производственных участков сахарного завода. Установлена взаимосвязь между главными технологическими показателями, характерными для этих основных автоматизированных производственных участков.

Постановка проблемы. В условиях функционирования современной рыночной экономики в Украине, для перерабатывающей промышленности, в частности сахарного производства, характерны следующие направления развития: повышение качества и количества продукции за счет использования мощностных показателей производства и внедрения эффективных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП), повышение требований к качеству безопасных технологических процессов и защите окружающей среды, а также обеспечение энергосберегающих технологий.

Обобщенным направлением, позволяющим их реализовать, является внедрения АСУТП [1]. АСУТП в сахарном производстве осуществляется при помощи использования информационных данных, вводимых с пульта управления оператором, и параметров автоматического регулирования, которые поступают от различных датчиков, установленных на оборудовании и подающих данные о техническом состоянии оборудования, продукции и т.д. Современные системы управления используют микропроцессорную технику, работа которой базируется на интеллектуальных и компьютерно-интегрированных системах управления сахарным производством.

Для получения эффективной системы управления технологическим процессом необходима информация об объекте исследования. Определение оптимальных условий работы и параметров технологических режимов, а также получение математической модели объекта для осуществления оперативного контроля режимов работы и управления – основной вопрос в АСУТП.

Анализ основных исследований и публикаций. Производство сахарной продукции – сложный технологический процесс, в котором задействовано большое количество разнообразного оборудования [1,2,3]. Основными этапами

производства сахарной продукции, например в ООО “Кириковский сахарный завод”, являются подача свеклы, мойка, диффузия, дефекоатурация, выпарка, кристаллизация и сушка продукции [2].

Производственные участки диффузии, дефекоатурации, выпарки и кристаллизации являются наиболее важными с точки зрения внедрения эффективных систем управления технологическими процессами, так как от их работы зависит выход качественной продукции.

На участке диффузии осуществляется резка сахарной свеклы и получение диффузионного сока и жома. При работе диффузионного отделения постоянно необходимо учитывать данные о перерабатываемой продукции показатели режимов работы оборудования. Автоматическому регулированию в диффузионном отделении подлежат: регулирование откачки сока с диффузионного агрегата (ДА); регулирование соотношения «стружка – вода»; регулирование расхода стружки (свеклорезки №1 и №2); регулирование температуры в 1-й зоне ДА; регулирование температуры во 2-й зоне ДА; регулирование температуры в 3-й зоне ДА; регулирование температуры в 4-й зоне ДА; регулирование уровня в сборнике конденсата; регулирование уровня в сборнике подогретой барометрической воды; регулирование уровня в сборнике сульфитированной подогретой барометрической воды; регулирование температуры в сборнике подогретой барометрической воды.

На участке дефекоатурации осуществляется очистка диффузионного сока, в основном с помощью извести (процесс дефекации), и осаждение ее избытка диоксидом углерода (процесс сатурации). При простоте технологических операций и относительной низкой стоимости реагентов этот способ обеспечивает высокую эффективность очистки (до 40%), а сахароза при этом практически не разрушается. Автоматическому регулированию в дефекоатурационном отделении подлежат: регулирование расхода диффузионного сока на преддефекатор; регулирование расхода сока на 1-ю сатурацию; регулирование расхода сока на 2-ю сатурацию; регулирование температуры дефекованного сока; регулирование температуры сока после 1-й сатурации; регулирование температуры сока перед 2-й сатурацией; регулирование соотношения «дифсок- известковое молоко в шестую зону преддефекатора»; регулирование соотношения «дифсок - известковое молоко на исходный дефекатор»; регулирование соотношения «дифсок - известковое молоко на 1-ю сатурацию»; регулирование соотношения «дифсок- известковое молоко на 2-ю сатурацию»; регулирование соотношения «дифсок –суспензия 1-й сатурации»; регулирование соотношения «дифсок – возврат сока 1-й сатурации»; регулирование возврата суспензии 2-й сатурации; регулирование рН- сока на преддефекатор; регулирование рН 1-й сатурации; регулирование рН 2-й сатурации; управление продувкой дефекаторов и сатураторов; управление продувкой дозревателя сока 2-й сатурации.

На участке выпарки осуществляется процесс выпаривания сока в многокорпусной выпарной установке и получение на выходе сиропа с концентрацией сухих веществ не более 65% СВ. Автоматическому регулированию в выпарном отделении подлежат: расход сока на выпарную

установку (ВУ); уровень в 1-м корпусе ВУ; уровень во 2-м корпусе ВУ; уровень в 3-м корпусе ВУ; уровень в 4-м корпусе ВУ; уровень в концентраторе; температура сока в ВУ.

В кристаллизационном отделении осуществляется уваривание сиропа в вакуум-аппаратах, центрифугирование, получение сахара и сушка. Автоматическому регулированию в кристаллизационном отделении подлежат: регулирование подачи утфеля на кристаллизатор; регулирование температуры в 1-й зоне кристаллизатора; регулирование температуры во 2-й зоне кристаллизатора; регулирование температуры в 3-й зоне кристаллизатора; регулирование температуры охлаждающей воды (теплообменник №1); регулирование температуры охлаждающей воды (теплообменник №2); регулирование температуры охлаждающей воды (теплообменник №3); регулирование соотношения «вода-утфель» с коррекцией по вязкости утфеля в смесителе.

Структура и режимы работы сахарных заводов в Украине, в основном зависят от качества используемого сырья, от необходимости получения продукции различного качества, мощностей производства и используемого оборудования [2,3,4].

Определение проблем сахарного производства. Сделав анализ показателей, применяемых в АСУТП, можно обобщить, что при процессе диффузии, особо важным является: поддержание необходимого количества выхода продукции, температурных и временных режимов работы оборудования, сахаристости, плотности и рН сырья; при дефекосатурации: расходы сока, известкового молока и суспензии, температурных и временных режимов работы, рН сока; при выпаривании: расходы сока, уровни и температура сока; при кристаллизации: подача и расходы сырья, а также температурный режим.

Для получения эффективного производства, в котором будет использоваться современная АСУТП, необходимо учитывать, что в технологичных комплексах непрерывного типа в сахарном производстве функционируют сложные технологические объекты, которые характеризуются связанными между собой регулируемыми параметрами. В сахарном производстве регулируемые параметры зачастую имеют одну физическую природу, а контуры регулирования строятся аналогично по однотипной структуре.

Для оптимизации работы сахарного производства необходимо определить те основные критериальные параметры, которые в наибольшей мере влияют на эффективность и выход сахарной продукции.

В случае, когда возникает необходимость при изучении объекта исследования анализировать более двух критериев оптимизации, то производится решение компромиссной задачи. В этих условиях ведется поиск компромисса между этими критериями оптимизации, так как на экстремум для одной поверхности отклика налагаются ограничения другими поверхностями отклика.

В основном компромиссные задачи решаются с помощью

вычислительной математики – методом неопределенных множителей Лагранжа. Решение этих задач можно осуществлять и с помощью двумерных сечений, когда одновременно рассчитываются два критерия оптимизации и составляются два уравнения регрессии. Но в основном исследователи стараются определить наиболее важный и обобщенный критерий, который учитывал бы все оптимальные режимы и параметры работы.

Вопросам оптимизации сахарного производства посвящено достаточно много, как теоретических, так и прикладных исследований. Основными критериями управления в этих работах, в основном, являются [3,4,5,6,7]:

- увеличения выхода сахарной продукции;
- снижение удельного расхода энергозатрат;
- снижение удельных расходов других материалов и потерь.

Следовательно, для обеспечения процесса управления технологическим процессом, согласно представленным основным критериям, необходимо иметь данные о самом процессе. Проведенный анализ производства сахара показывает, что в технологическом процессе может использоваться широкий спектр показателей, характеризующих свойства этого процесса, но в большинстве своем все сводится к регулируемому поддержанию технологических параметров, расходам сока, пара, воды, извести, газа, а также температуры, давления и т.д.

Для эффективного функционирования АСУТП сахарного производства большое значение имеет инженерный расчет параметров трубопроводов и заслонок, которыми осуществляется регулирование подачи сока, пара, воды и других составляющих, обеспечивающих процесс получения сахарной продукции [8].

Цель работы. Исследование и определение общей критериальной взаимосвязи между основными рабочими диагностическими параметрами технологического процесса на основных производственных участках сахарного завода.

Основные положения. Для определения критериальной зависимости между диагностическими и регулировочными параметрами производственного процесса в сахарном производстве воспользуемся теоретическим подходом, основанном на законе сохранения тепла и массы, и применяемом к тепло и гидротехническим процессам, происходящим при переработке сахарной продукции [7,9,10].

По закону сохранения массы, количество поступающих веществ в агрегаты и оборудование, где осуществляется переработка продукции сахарного производства $\sum G_n$, должна равняться количеству отводимых $\sum G_k$, получаемых в результате проведения процесса, с учетом потерь $\sum G_n$:

$$\sum G_i = \sum G_k + \sum G_i \quad (1)$$

Частью энергетического баланса является тепловым, который в общем можно представить в виде:

$$\sum Q_n = \sum Q_k + \sum Q_n . \quad (2)$$

При этом количество вводимого тепла определяется соотношением

$$\sum Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3 , \quad (3)$$

где Q_1 – количество тепла, вводимое с исходными веществами;
 Q_2 – количество тепла, подводимого извне, например с теплоносителем, обогревающим аппарат;
 Q_3 – тепловой эффект физических и химических превращений [2].

Количество отводимого тепла $\sum Q_k$ складывается из тепла, удаляемого с конечным продуктом и отводимым с теплоносителем, а также тепловых потерь $\sum Q_n$.

Все основные участки завода состоят из оборудования и аппаратов, в которых осуществляется тепло и массообменные процессы (диффузионная установка, преддефекатор, подогреватели, сатураторы, дефекаторы, выпарные установки, вакуум-аппараты и центрифуги).

Количество тепла, которое вводится с исходными веществами, подводится извне, получаемое при химических превращениях, а также которое отводится или выпадает в осадок, представляется в общем виде следующим выражением [2,3]:

$$Q = GC\theta \quad (4)$$

где G, C, θ – расход, теплоемкость и температура рассматриваемых растворов.

Для установившихся тепловых процессов основное уравнение теплопередачи имеет в вид [3]:

$$Q = \kappa \cdot F \cdot \Delta\theta, \quad (5)$$

где κ – коэффициент теплопередачи $\frac{Вт}{(м^2 \cdot ^\circ C)}$;

F – площадь сечения, через которое проходят сок пар $м^2$;

$\Delta\theta$ – разность температур $^\circ C$.

После определения основных математических выражений и их составляющих для процессов с массо- и теплопереносом, можно применить Пи-теорему. Пи-теорема исходит из положения, что всякое физически обоснованное соотношение между размерными величинами можно сформулировать и представить как соотношение между безразмерными величинами – параметрами, которые в подобных системах могут играть роль критериев подобия [8].

Всякое уравнение вида

$$f(a_1, a_2, \dots, a_n) = 0, \quad (6)$$

выражающее связь между n размерными физическими величинами, размерность которых определяется через m основных величин (массу, длину, время и т.д.), может быть преобразовано в уравнение

$$F(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_{n-m}) = 0, \quad (7)$$

где π – независимые безразмерные комплексы, выражающие связь между $(n-m)$ физическими величинами. Они составлены из $(m+1)$ величин из числа входящих в уравнение (7).

Исходя из анализа, делаем вывод, что процессы диффузии, дефексотации, выпаривания и кристаллизации сырья характеризуется следующими основными величинами:

- Расход сока и пара $(G, \frac{кг}{с})$, или $(\frac{м^3}{с})$;
- Площадь сечения трубопроводов $(F, м^2)$;
- Температура $\theta, ^\circ C$;
- Теплоемкость $C, \frac{м^2}{с^2 \cdot ^\circ C}$;
- κ – коэффициент теплопередачи $\frac{Вт}{(м^2 \cdot ^\circ C)}$, или $\frac{кг}{с^3 \cdot ^\circ C}$;
- Время осуществления процесса $T, с$.

Так как, при переработке продукции температурные режимы должны быть постоянными, температуру можно не принимать во внимание.

Основными диагностическими и регулировочными параметрами, имеющими место в материальном и тепловом балансах, которые характеризуют происходящие там процессы, являются расход, площадь и время.

Для поддержания нормального режима работы на всех участках завода в основном осуществляют регулировку технологического процесса за счет изменения подачи сырья или пара путем изменения сечения трубопроводов. Необходимая температура при процессе переработки сырья также обеспечивается путем изменения площади сечения подводящих трубопроводов, через которые поступает сырье и пар.

Определим критериальные соотношения между этими величинами.

Основным связующим и регулируемым критерием, который описывает эти процессы, является тепло Q . Теплоту можно представить как функцию представленных параметров:

$$Q = f(G, F, T, C, K), \quad (8)$$

или

$$f(G, F, T, C, K) = 0.$$

Составляем критериальное уравнение:

$$\begin{aligned}\pi_1 &= (G)^{x_1} \cdot (F)^{y_1} \cdot (T)^{z_1} \cdot C; \\ \pi_2 &= (G)^{x_2} \cdot (F)^{y_2} \cdot (T)^{z_2} \cdot K.\end{aligned}\quad (9)$$

Для каждого π , заменяя величины C , K , их размерностями, из выражения (9) получаем

$$\begin{aligned}\pi_1 &= \left(\frac{\kappa\mathcal{Z}}{c}\right)^{x_1} \cdot (M^2)^{y_1} \cdot (c)^{z_1} \cdot \left(\frac{M^2}{c^2}\right); \\ \pi_2 &= \left(\frac{\kappa\mathcal{Z}}{c}\right)^{x_2} \cdot (M^2)^{y_2} \cdot (c)^{z_2} \cdot \left(\frac{\kappa\mathcal{Z}}{c^3}\right).\end{aligned}\quad (10)$$

На основе выражения (10) вычисляем для каждого π_i числовые значения показателей степени x_i , y_i , z_i :

$$\begin{aligned}\pi_1 &= \kappa\mathcal{Z}^{x_1} \cdot M^{(2y_1+2)} \cdot c^{(-x_1+z_1-2)}; \\ \pi_2 &= \kappa\mathcal{Z}^{(x_2+1)} \cdot M^{2y_2} \cdot c^{(-x_2+z_2-3)}.\end{aligned}\quad (11)$$

Выражение (11) должно быть безразмерным и показатели степени при $\kappa\mathcal{Z}$, c , M должны быть равны нулю. Решим сложившиеся системы уравнений.

Для π_1 показатели степени определяются:

$$\begin{aligned}x_1 &= 0; \\ 2y_1 + 2 &= 0 \rightarrow y_1 = -1; \\ -x_1 + z_1 - 2 &= 0 \rightarrow z_1 = 2.\end{aligned}\quad (12)$$

Для π_2 показатели степени равны:

$$\begin{aligned}x_2 + 1 &= 0 \rightarrow x_2 = -1; \\ 2y_2 &= 0 \rightarrow y_2 = 0; \\ -x_2 + z_2 - 3 &= 0 \rightarrow z_2 = 2.\end{aligned}\quad (13)$$

Таким образом, учитывая показатели степени при G, F, T получаем следующие выражения для π_1, π_2 :

$$\pi_1 = \frac{2T \cdot C}{F}; \quad \pi_2 = \frac{K \cdot 2T}{G}.\quad (14)$$

В результате, критериальное уравнение будет иметь вид следующей зависимости

$$f\left(\frac{2T \cdot C}{F}; \frac{K \cdot 2T}{G}\right) = 0.\quad (15)$$

Выводы. В результате проведенного анализа технологических параметров процесса переработки сахарной свеклы, были определены основные

диагностические и регулировочные параметры, которые используются в АСУТП и влияют на эффективность работы сахарного завода. Этими показателями являются: расход сока и пара, температура, время осуществления процесса, площадь сечения трубопроводов, теплоемкость, коэффициент теплопередачи. Определен основной связующий критерий для этих показателей – расход продукции (выходы сырья и пара). На основании проведенных математических преобразований основных показателей была получена критериальная зависимость между основными показателями, характеризующими технологический процесс. Полученная критериальная зависимость (15) позволяет получить обобщенную математическую модель, характеризующую взаимосвязь между основными показателями производственного процесса, необходимую для осуществления эффективного автоматизированного управления режимами работы основных производственных участков сахарного завода.

Список использованных источников

1. Стратегия автоматизации производства сахара [Электронный ресурс] / Белоусов В.Ю., Литвинов А.Ф., Потапов О.А., Горчинский Ю.Н.// Сахар. - 2002. - №1. - Режим доступа до журн.: <http://www.loes.ru/main/technology/tech-map.html>.
2. Сапронов А.Р. Технология сахарного производства / А.Р. Сапронов - М.: Агропромиздат, 1986. - 436с.
3. Горбатюк В.И. Процессы и аппараты пищевых производств / В.И. Горбатюк – М.: Колос, 1999. – 335с.
4. Реконструкция Гайсинского сахарного завода 2012 года: наращивание производительности и сокращение расхода условного топлива [Электронный ресурс] / **В.Е. Архангельский, Н.А. Гуляницкий, Л.А. Бондаренко** // Журнал "Сахар Украины". №10, 2012. С. - Режим доступа до журн.: http://www.techinservice.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=370.
5. Луцька Н. М. Дослідження та синтез оптимальних регуляторів для систем автоматизації технологічних комплексів неперервного типу [Текст]. автореф. дис. канд. техн. наук : 05.13.07 / Н. М. Луцька. – Київ, 2006. - 158с.
6. Системы автоматизации технологических процессов сахарного производства [Электронный ресурс] /О. Яковлев, С. Танцюра, А. Войтюк, Ю. Рудаков, С.Латышев, В. Волков, М. Рак, Н. Круглый // Пищевая промышленность. -2000. - №1.- С. 44-53. Режим доступа до журн.: <http://www.cta.ru/cms/f/3666648.hdf>.
7. Ляшенко С.А. Определение критериальной связи между основными показателями работы выпарной установки / С.А. 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. 101.-2010. - С.82-88.

8. Ляшенко С.А. Обоснование автоматического регулирования производственных процессов сахарных заводов / С.А. Ляшенко, А.М. Фесенко, И.С. Беляева. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. “Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв”. – Харків, Вип. 88. 2009. – С. 104-109.
9. Дідур В.А. Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві / В.А. Дідур, М.І. Стручаєв (За заг. Ред. В.А. Дідура). – К.: Аграрна освіта, 2008. – 233с.
10. Справочник по гидравлическим расчетам /под ред. П.Г. Киселева. изд. 4-е переработ. и доп. - М.: Энергия, 1972. - 312с.

Анотація

ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ ОСНОВНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ В АВТОМАТИЗОВАНІЙ СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ЦУКРОВОГО ЗАВОДУ

Ляшенко С.А., Беляева И.С.

В статті зроблено аналіз технологічних показників, що використовуються для автоматизації виробничих ділянок цукрового заводу. Встановлено взаємозв'язок між головними технологічними показниками, які характерні для головних автоматизованих виробничих ділянок.

Abstract

DETERMINATION OF STRUCTURAL DEPENDENCE DETERMINATION OF STRUCTURAL DEPENDENCE OF THE MAIN TECHNOLOGICAL INDICATORS IN THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF SUGAR PLANT

S. Liashenko, I. Belyaev

In article the analysis of technological indicators which are used for automation of production sites of sugar plant factory is made. The interrelation between the main technological indicators, characteristic for these main automated production sites is established.