

ISSN 0036-3340

# САХАРНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

13

5/10

**12**  
**1984**

# **МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ**

---

УДК 663/664.65.015.13

## **ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ СВЕКЛОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО И ЖОМОСУШИЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЙ**

А. П. ЛАДАНОК, В. И. БЕВЗ, Ф. В. НЕГОДА,  
О. И. ВОРОНЯНСКИЙ  
КТИПП  
С. А. СЕРГЕЕВ  
НПО «Пищепромавтоматика»

Существующие системы автоматизации базируются в основном на традиционных контурах стабилизирующего регулирования

отдельных технологических параметров. Анализ работы таких систем показал, что в условиях неконтролируемых возмущений, в первую очередь по сырью, и изменений свойств управляемых объектов они не обеспечивают ведения технологического процесса в оптимальном режиме. Улучшить технико-экономические показатели работы сахарного завода могут системы автоматизации на базе вычислительной техники (АСУ ТП), позволяющие в темпе протекания процесса обрабатывать большой объем информации и вырабатывать решения по оптимальному ведению процесса в сложившейся производственной ситуации.

Эффективность и оперативность управления технологическими процессами в значительной мере зависят от структуры системы и правильного выбора критериев оптимальности при управлении как всем технологическим процессом, так и отдельными его участками (агрегатами). При управлении всем технологическим процессом получения целевого продукта используются такие глобальные критерии, как прибыль, себестоимость и др. Однако для оперативного управления технологическим участком (агрегатом) такие критерии малоприменимы, так как их значения определяются уже после выпуска и реализации продукции. Нами показано, что в системах автоматической оптимизации целесообразно использовать показатель экономичности, который в общем виде записывается так:

$$\mathcal{E} = \int_{\tau_1}^{\tau_2} [B_i C_i - (Z_c + Z_{i1} + Z_{i2} + Z_{i3})] d\tau, \quad (1)$$

где  $B_i$  — количество произведенной на данном участке продукции;

$C_i$  — цена этой продукции;

$Z_c$  — затраты на сырье;

$Z_{i1}$  — затраты, связанные с потерей целевого продукта;

$Z_{i2}$  — затраты, связанные с расходом энергии (топлива, пара, электроэнергии);

$Z_{i3}$  — затраты, определяемые качеством продукции.

Достоинством названного критерия является то, что значение  $\mathcal{E}$  в каждый момент времени определяется по зависимости (1) и параметрам технологического режима, т. е. при управлении используется математическая модель управляемого объекта с учетом ограничений на выходные величины и координаты состояния. Таким образом, критерий, определяемый по уравнению (1), объединяет технологический режим и технико-экономические показатели работы участка и завода в целом.

Исследование свойств управляемых объектов показало, что они обладают рядом неблагоприятных для управления свойств: многомерностью, нестационарностью, высоким уровнем производственных шумов и др. Наблюдается также четко выраженный

дрейф статических характеристик. Все это вызывает необходимость выполнять периодическую адаптацию математической модели, используемой для управления, по данным эксплуатации объекта [1].

Анализ возмущающих воздействий, в первую очередь изменение качества сырья, дает возможность утверждать, что управляемые объекты работают в квазистатическом режиме и для управления по критерию (1) можно использовать статическую модель.

Алгоритм оптимизации квазистатического объекта технологического участка, агрегата представляет собой одношаговую процедуру принятия решения и может быть реализован системой автоматизации на базе ЭВМ. При этом решается задача нелинейного программирования, сформулированная на основе критерия (1) с учетом свойств математической модели и ограничений для достижения условия  $\mathcal{E} \rightarrow \max$  в данной ситуации. Рассчитанные в результате решения задачи значения параметров оптимального режима служат заданиями соответствующим регуляторам, которые воздействуют непосредственно на управляемый объект.

Система автоматизации при таком подходе ориентируется на использование микропроцессорной техники.

Таким образом, построение системы автоматической оптимизации предусматривает:

- выбор и исследование критерия управления;
- получение математической модели управляемого объекта;
- адаптацию математической модели по результатам работы объекта с учетом возмущающих воздействий;
- разработку алгоритма оптимизации;
- техническую реализацию системы автоматической оптимизации.

На основе этой методики разработаны системы оптимального управления технологическими процессами свеклоперерабатывающего и жомосушильного отделений.

Для управления процессом экстракции сахара из свеклы критерий (1) принимает вид

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{c.o} = \int_{\tau_1}^{\tau_2} \left\{ \frac{G_1 C_x C_1}{100} - G_2 C_2 - \right. \\ \left. - \left[ \left( \frac{C_2}{C_x} + 3 \right) \left( \frac{0,8 \Pi G_1 + H G_1}{100} \right) + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{G_3}{100} G_4 C_3 + G_3 (1 + K_1) \frac{1 - \frac{C B_1}{C B_2}}{K_2 K_3} C_4 + \right. \right. \\ \left. \left. + G_3 (C_5 - C_6) \frac{1 - K_4}{100 - D_m} D_b \right] \right\} d\tau, \quad (2) \end{aligned}$$

где  $G_1, G_2, G_3, G_4$  — расходы соответственно стружки, свеклы, сока, извести, т/ч;

$C_1, C_2, \dots, C_6$  — соответственно оптовая цена сахара, закупочная цена

свеклы, цена извести, топлива, себестоимость сахара, оптовая цена мелассы, руб./т;  
 $C_x$  — сахаристость, %;  
 $CB_1, CB_2$  — содержание сухих веществ соответственно в диффузионном соке и сиропе после выпарной установки, %;  
 $Дб_m$  — доброкачественность мелассы, %;  
 $П, Н$  — соответственно потери сахара с жомом и неучтенные потери сахара, %;  
 $З, K_1, K_2, K_3, K_4$  — условно - постоянные коэффициенты.

После подстановки в (2) значений условно-постоянных величин получим целевую функцию в конечном интервале времени:

$$FC_{c.o.} = 4,9G_1(C_x - 7,9) - [2,9G_1(0,8П + Н) + 0,24G_3G_4 + 1,7 \times \times G_3 \left(1 - \frac{CB_1}{CB_2}\right) + 3,1G_3(CB_1 - C_{x_{д.с}})], \quad (3)$$

где  $C_{x_{д.с}}$  — содержание сахара в диффузионном соке, %.

При управлении свеклоперерабатывающим отделением требуется обеспечить максимальное значение  $FC_{с.д.}$ . Задача решается на основе математической модели процесса с учетом существующих ограничений. Математическая модель такого сложного процесса, как экстракция сахара из свеклы, получалась методом эвристической самоорганизации [2]. Ограничения задавались в виде неравенств для переменных процесса типа

$$x_{\min} \leq x \leq x_{\max} \quad (4)$$

Для решения поставленной задачи нелинейного программирования применен метод скользящего допуска.

В результате решения поставленной задачи нелинейного программирования получают значения длины стружки, соотношения вода—стружка, время диффундирования, температуры по зонам диффузионного аппарата, при которых  $FC_{с.о.} \rightarrow \max$ . Эти значения используются при непосредственном цифровом управлении или в качестве задания местным регуляторам.

Для жомосушильного отделения критерий (1) принимает вид

$$\mathcal{E}_{с.ж.} = \int_{\tau_1}^{\tau_2} (B_{сж} \Pi_{сж} - C_{псж} \Pi_{сж} - G_T \Pi_T) \cdot d\tau \quad (5)$$

где  $B_{сж}$  — производительность по сухому жому, т/ч;

$G_{псж}$  — потери сухого жома от сгорания и уноса, т/ч;

$G_T$  — расход топлива (мазута), т/ч;

$\Pi_{сж}, \Pi_T$  — цена сухого жома и топлива, руб./т.

Выразив  $B_{сж}$  и  $C_{псж}$  через параметры технологического режима на основании математической модели процесса сушки жома, получим целевую функцию в виде

$$FC_{сж} = \frac{2,6CB_{пж}(100 - Пс)}{CB_{сж} - CB_{пж}} - 0,14G_m, \quad (6)$$

где  $CB_{пж}, CB_{сж}$  — содержание сухих веществ в прессованном и сухом жоме, %;

$Пс$  — потери сухих веществ при сушке, %;

$G_m$  — расход мазута, т/ч.

Математическая модель процесса сушки получена методом активно-пассивного эксперимента [3]. Исследования характеристик жомосушильных барабанов как управляемых объектов показывают наличие дрейфа, что приводит к необходимости адаптации математической модели по результатам эксплуатации.

Решение задачи нелинейного программирования на основе выражения (6) с учетом свойств математической модели и существующих ограничений дает значения оптимального режима процесса сушки, при котором  $FC_{сж} \rightarrow \max$ .

Приведенные задачи включены в состав технического проекта АСУ ТП Пальмирского сахарного завода, разрабатываемой НПО «Пищепромавтоматика» и другими организациями, в том числе КТИПом. Имитационное моделирование разработанных систем управления показало, что существуют значительные возможности повышения технико-экономических показателей работы названных отделений. Так, показатель экономичности при оптимальном управлении свеклоперерабатывающим отделением может быть увеличен на 6—9 % по сравнению с традиционными системами автоматизации. Для жомосушильного отделения возрастание показателя экономичности может составлять 11—14 %. Названные показатели определяют увеличение выхода продукции и уменьшение удельных энергетических затрат на ее производство. Разработанные алгоритмы оптимального управления ориентированы на применение УВК СМ-2М. Время реализации предлагаемых алгоритмов минимально и составляет 5 мин для УВК СМ-2М.

#### Список использованной литературы

1. Райбман Н. С., Чадеев В. М. Адаптивные модели в системах управления. — М.: Советское радио, 1966, с. 87.
2. Ивахненко А. Г. Справочник по типовым программам моделирования. — Киев: Техніка, 1980, с. 28.
3. Бабаянц А. В., Мамулов К. А. Об обработке данных активно-пассивного эксперимента. — В кн.: Автоматизация микробиологических производств. — Грозный, Чечено-Ингушское книжное издательство, 1976, вып. 2, с. 85.