

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОЙ  
ОПТИМИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

А. П. ЛАДАНЮК, В. И. БЕВЗ

Киевский технологический институт пищевой  
промышленности

Технический прогресс в области автоматизации производства в последние годы неразрывно связан с созданием АСУ ТП, позволяющих наиболее эффективно ликвидировать "узкие" места на основе единого критерия управления и формулирования частных критериев для отдельных агрегатов как результата его декомпозиции. Анализ существующих и проектируемых АСУ ТП в различных отраслях промышленности показывает, что АСУ ТП широкого применения должны включать системы автоматического регулирования технологических процессов и агрегатов, базирующиеся на микропроцессорных контролерах; интерактивную систему представления информации на дисплеях; систему автоматической оптимизации и технико-экономических расчетов, реализуемую управляющей мини-(микро)-ЭВМ универсального назначения, и трассу данных, представляющую собой цифровой уплотненный канал связи.

Задача автоматической оптимизации - одна из главных при создании АСУ ТП, так как позволяет получать наивысшие технико-экономические показатели системы в условиях постоянно изменяющихся качественных показателей сырья, полуфабрикатов и свойств управляемых объектов. Интенсификация технологических процессов в основных производствах пищевой промышленности идет по пути внедрения агрегатов большой единичной мощности, что в свою очередь приводит к возрастанию трудностей управления за счет усложнения связей между ними и их специфических особенностей (недостаточность априорной информации о закономерностях протекаемых процессов, сложные нелинейные связи между переменными, распределенность параметров, наличие застойных зон, высокий уровень производственных шумов, нестационарность и т.д.). При этом создание АСУ ТП выдвигает как частные задачи, связанные с особенностями конкретного управляемого объекта,

так и общие, к которым можно отнести выбор структуры системы и критерия управления. Наиболее эффективными в этих условиях являются различные адаптивные алгоритмы [1].

Основные производства пищевой промышленности состоят из последовательно включенных отдельных участков, состоящих в свою очередь из технологических агрегатов, в том числе большой единичной мощности. Это создает достаточные предпосылки для разработки децентрализованных АСУ ТП [2] с ориентацией на использование в них микропроцессорной техники.

Важным, а иногда и определяющим моментом является выбор единого критерия управления, позволяющего оптимизировать отдельные звенья производства на общей основе. В то же время часто используют показатель прибыли

$$D_{np} = B \cdot U - \sum_{i=1}^n Z_i, \quad (1)$$

где  $B$  - выпуск продукции за отчетный период;

$U$  - цена единицы продукции;

$Z_i$  - затраты на выпуск данной продукции,

он мало пригоден для оперативного управления технологическими процессами и их оптимизации, так как он определяется уже после выпуска или даже реализации данной продукции. Для этих целей лучше использовать показатель экономичности, а критерий оптимизации для отдельного технологического участка или аппарата, составленный на этой основе, заключается в требовании максимума функции

$$Z_i = \int_{T_1}^{T_2} (M U_i - \sum_{j=1}^p Z_j) d\tau, \quad (2)$$

где  $M$  - производительность, рассчитанная по готовому продукту;

$U_i$  - часть общей цены, условно формируемая на данной стадии производства,  $\sum_{i=1}^n U_i = U$  - цена готового продукта;

$Z_j$  - затраты, зависящие от выбора технологического режима.

С учетом последовательного характера переработки сырья и полуфабрикатов можно принять

$$A_{np} = \int_{\tau_1}^{\tau_2} (\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n) d\tau, \quad (3)$$

где  $\beta_i$  — экономичность соответствующих этапов производства.

Приведенный показатель удовлетворяет требованиям, предъявляемым к критерию оптимизации, и позволяет осуществлять автоматическую оптимизацию отдельных участков (агрегатов) с единых позиций. Величина  $\beta_i$  в каждый момент времени определяется по зависимости  $M$  и  $Z_i$  от параметров технологического режима, т.е. по результатам решения задачи идентификации объекта. Характер возмущающих воздействий, в том числе изменения качества сырья, позволяет утверждать, что объекты работают в квазистатическом режиме и для управления достаточно использовать статическую модель объекта.

Идентификация управляемых объектов, представляющих собой агрегаты большой единичной мощности, представляет собой сложную и трудоемкую задачу, для решения которой больше всего пригоден активно-пассивный эксперимент с разбивкой плана на отдельные блоки для исключения влияния на оценки коэффициентов модели случайных неконтролируемых возмущений. В реальных условиях поддержание варьируемых факторов на заданном уровне затруднено, в связи с чем матрица планирования оказывается неортогональной. Ортогонализация матрицы плана позволяет использовать для обработки результатов исследования аппарат активно-го эксперимента, что облегчает задачу.

В силу названных выше особенностей управляемых объектов возникает необходимость в адаптации модели. В ряде случаев дрейф характеристик модели можно считать аддитивным, и тогда адаптация производится посредством сравнения выходной переменной объекта с ее значением, полученным на модели по соответствующим управляющим и контролируемым возмущающим воздействиям.

Алгоритм оптимизации квазистатического объекта представляет собой одношаговую задачу принятия решения и реализуется двухуровневой системой. На верхнем уровне в результате решения задачи нелинейного программирования определяют параметры

оптимального режима для получения  $\mathcal{J} - \max$  в сложившейся ситуации с учетом ограничений на параметры состояния объекта. Рассчитанные параметры оптимального режима служат заданиями локальным регуляторам, которые на нижнем уровне воздействуют непосредственно на управляемый объект.

Рассмотренный алгоритм автоматической оптимизации исследовали применительно к различным объектам (хлебопекарные печи, комосушки и диффузионные установки сахарных заводов).

Так, система оптимизации процесса выпечки Кишиневского хлеба в печи БН-25 использует одношаговый алгоритм оптимизации, в основе которого лежит периодическое решение задачи нелинейного программирования [3]:

$$\mathcal{J} = \frac{810,96}{X_1} - \frac{3041,28}{X_1} \mathcal{J}_3 - 0,019 X_2; \quad (4)$$

$\mathcal{J} - \max$  при ограничениях:

$$y_1 = 16,28 X_1 + 0,197 X_2 - 0,075 X_3 + \Delta y_1 + 83,49; \quad (5)$$

$$y_2 = -8,12 X_1 - 0,12 X_2 + \Delta y_2 + 14; \quad (6)$$

$$y_3 = 23,0 X_1 + 0,73 X_2 + \Delta y_3 + 13,36; \quad (7)$$

$$y_4 = 121,24 X_1 + 2,59 X_2 + \Delta y_4 + 78,99; \quad (8)$$

$$0,75 \leq X_1 \leq 0,85; \quad (9)$$

$$17,5 \leq X_2 \leq 23,5; \quad (10)$$

$$94,5 \leq y_1 \leq 98; \quad (11)$$

$$4 \leq y_2 \leq 6,5; \quad (12)$$

$$y_3 \leq 42; \quad (13)$$

$$y_4 \leq 245; \quad (14)$$

где  $X_1$  - время выпечки изделия, ч;  
 $X_2$  - расход газа на выпечку, м<sup>3</sup>/ч;  
 $\mathcal{J}_1$  - температура центра мякиша хлеба, °С;  
 $\mathcal{J}_2$  - окраска верхней корки в отраженном свете (конечные

точки линейной десятибалльной шкалы соответствуют граничным значениям окраски);

- 4<sub>3</sub> - потери от упека, приведенные к общему количеству изделий на поду, кг;
- 4<sub>4</sub> - температура в основной зоне выпечки, °С;
- 4<sub>5</sub> - коэффициенты адаптации, определяемые при каждом решении задачи оптимизации посредством сравнения текущего значения выходных координат объекта с рассчитанными по модели.

Коэффициенты уравнений (5)-(8) получены посредством активно-пассивного эксперимента.

Для решения задач нелинейного программирования можно использовать специализированные микро-ЭВМ. Так, в рассматриваемом примере использовали АЦМ "Экстрема-1", с помощью которой определяли время выпечки и температуру среды пекарной камеры, реализуемые затем локальными регуляторами.

Таким образом, при создании АСУ ТП пищевых производств в качестве критерия оптимизации может служить показатель экономичности, характеризующий величину прибыли и допускающий целенаправленное изменение ее величины на каждом технологическом участке.

Декомпозиция общей задачи получения прибыли позволяет эффективно управлять основными агрегатами технологической цепочки на единой основе и согласуется с двухуровневой структурой децентрализованных систем, ориентированных на использование микропроцессорной техники, позволяющих осуществлять оптимизацию как в статике, так и динамике.

#### Л и т е р а т у р а

1. ПЕТРОВ Б.Н., КАФАРОВ В.В., РУТКОВСКИЙ В.Ю., ПЕРОВ В.Л., ЯДЫКИН И.Б. Применение беспойсковых самонастраивающихся систем для управления химико-технологическими процессами. - Измерения, контроль, автоматизация, 1979, № 3 (19), с.46-54.
2. ДАВИДЕНКО К.Я., ЛЕВИН А.А., ШЕНБРАТ И.М. Децентрализованные системы управления технологическими процессами. - Измерения, контроль, автоматизация, 1979, № 2 (18), с.54-65.