

## ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ КОНСЕРВНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Инженер Е. Л. БЕЛОУСОВА,  
ВНИПК «Консервпромкомплекс»;  
канд. техн. наук. А. Г. ЛАДАНЮК,  
Киевский технологический институт  
пищевой промышленности

При производстве консервов важнейшим процессом, в значительной мере определяющим выход и качество продукции, является процесс тепловой обработки.

Тепловую обработку полуфабрикатов и готовой продукции проводят на различных технологических этапах производства: на участке горячего розлива соков, в автоклавных отделениях, на линиях асептического хранения, в выпарных станциях. Различные виды сырья на разных стадиях переработки требуют строго определенных, жестко регламентированных режимов тепловой обработки. На современных предприятиях консервного производства эти режимы осуществляются с помощью автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). При проектировании АСУ ТП необходимо располагать максимально точными качественными и количественными характеристиками тепловой обработки.

Такие характерные особенности тепловой обработки, как существенная нелинейность и распределенность параметров по длине, зависимость теплофизических свойств продукта от изменения температурного поля и от состава сырья, значительно усложняют аналитическое описание процесса. В ряде случаев передаточные функции получаются трансцендентными и их трудно использовать для выбора закона и параметров регулирования. Кроме того, математическое описание, полученное аналитическим путем для какого-либо класса тепловых объектов, часто неприменимо для конкретного агрегата в связи с его специфическими особенностями.

В таких случаях важную роль играет экспериментальное исследование, позволяющее получить необходимую информацию.

Определение динамических характеристик объекта в производственных условиях представляет собой трудоемкую и сложную задачу, так как поведение объекта в каждый момент времени является функцией многих параметров, в том числе трудноизмеряемых и неконтролируемых.

В качестве примера рассмотрим получение динамических характеристик участка горячего розлива томатного сока, который представляет собой ряд последовательно соединенных тепловых агрегатов: предварительного подогревателя, пастеризатора, выдерживателя и охладителя.

Участок может работать в двух режимах: рециркуляции и нормальной эксплуатации. В режиме нормальной эксплуатации продукт проходит последовательно все аппараты и поступает на розлив. При запуске участка, несоблюдении теплового режима, в различных аварийных ситуациях продукт возвращается по линии рециркуляции в сборную емкость на входе участка.

При снятии динамических характеристик в режиме нормальной эксплуатации стабилизируются входная температура продукта и давление пара в ма-

гистрале. Переходные функции получены при возмущении типа ступенчатой функции по расходу греющего пара.

Поскольку исследуемый объект — система с параметрами, распределенными по длине аппарата, переходные процессы являются решениями дифференциальных уравнений в частных производных. Распределенность параметров проявляется в основном в медленном изменении экспериментальной функции при малых значениях времени, поэтому для точной аппроксимации этого участка требуется бесконечно большое число составляющих типа  $C_i e^{-a_i t}$ . Это означает, что полюсы передаточной функции будут удаляться сколь угодно далеко от мнимой оси при росте номера  $i$ . Поэтому начальный участок экспериментальной переходной функции можно аппроксимировать звеном чистого запаздывания  $e^{-p\tau}$ .

Полученные кривые, соответствующие различным амплитудам скачка  $A_i$ , необходимо перенести в единичные переходные функции и усреднить (см. рисунок а).

По виду усредненной переходной функции  $h^0(\tau)$  можно предположить, что  $h(+0)=0$ ;  $h'(+0)=0$ ;  $h''(+0)=0$ , поэтому передаточную функцию выбирают следующей структуры:

$$W(p) = \frac{ke^{-p\tau}}{a_2 p^2 + a_1 p + 1} = \frac{ke^{-p\tau}}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)},$$

где  $k$  — коэффициент передачи объекта;  
 $\tau$  — время чистого запаздывания;

$T_1, T_2$  — постоянные времени объекта.

Обработка экспериментальных данных позволяет получить численные значения параметров переходной функции:

$$W(p) = \frac{1,72e^{-20p}}{(302,5p + 1)(28,7p + 1)}$$

При снятии экспериментальных характеристик объекта в режиме рециркуляции стабилизируется давление пара в магистрали, а возмущающим воздействием является скачок входной температуры продукта, который обусловлен подачей продукта, прошедшего секцию охлаждения, в предварительный подогреватель. Экспериментальные кривые представлены на рисунке б.

Аппроксимация приведенного переходного процесса имеет вид:

$$W(p) = \frac{0,572e^{-53p}}{(102,38p + 1)(57,63p + 1)}$$

Полученные передаточные функции теплового объекта в двух режимах работы позволяют выбрать необходимый закон управления и настроечные параметры регулятора.

