

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

ИЗВЕСТИЯ
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

ПИЩЕВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

2(141)
1981

ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1957 Г.

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

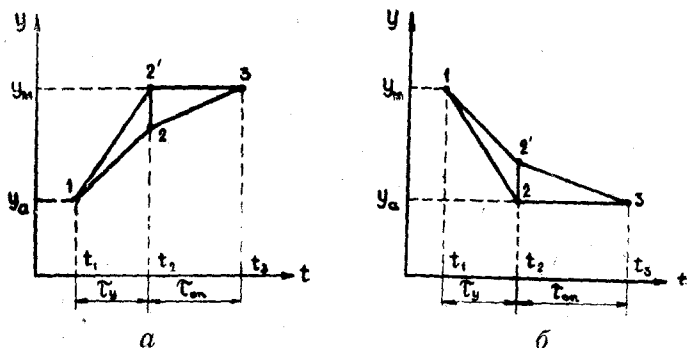
ВРЕМЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОГНОЗИРУЮЩИХ ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

В. Г. ТРЕГУБ

Киевский технологический институт пищевой промышленности

Использование прогнозирующих физических моделей *ПФМ* при управлении технологическими процессами позволяет существенно упростить структуру систем оптимального управления, особенно при создании таких систем для аппаратов периодического действия [1, 2].

В *ПФМ* непрерывно направляют небольшую часть отбираемого из аппарата продукта, создавая при этом режим более интенсивного изменения переменной опережения y , в качестве которой может быть использована движущая сила процесса или любая другая величина, оказывающая доминирующее влияние на развитие процесса. Конструктивно *ПФМ* располагают как внутри, так и вне аппарата. При использовании *ПФМ* для контроля и управления процессом кристаллизации сахара [2, 3] в утфельных вакуум-аппаратах периодического действия в *ПФМ* непрерывно направляют небольшую часть утфеля, создавая за счет его охлаждения режим опережения по пересыщению межкристалльного раствора (переменная опережения). Технологический расчет *ПФМ* связан с необходимостью определить ее временные параметры.



Эффект физического прогнозирования процесса показан на рисунке. Точка 1 соответствует моменту времени t_1 отделения небольшой части реакционного продукта, направляемого в *ПФМ*. При условии нарастания (рис. а) или падения (рис. б) переменной y в аппарате и *ПФМ* через время τ_y , необходимое для интенсификации процесса (например, с помощью увеличения удельной поверхности теплообмена, скорости циркуляции или другими способами) и перемещения отделяемой части продукта к точке измерения на выходе *ПФМ*, величина y_n в точке 2' (время t_2) станет больше, чем в аппарате y_0 — точка 2. При дальнейшем изменении y_n в аппарате и условии подобия процессов в аппарате и *ПФМ* соответствующее состояние рабочего процесса в первом будет достигнуто ко времени t_3 через время опережения τ_{on} . Поэтому анализ состояния процесса в *ПФМ* в момент времени, соответствующий точке 2', позволяет выработать такое управление, чтобы получить необходимый эффект в аппарате через время τ_{on} (точка 3).

На рисунке показан случай линейного изменения переменной опережения y в аппарате и модели, причем скорость изменения y_a в точке 2 меняется под влиянием управляющего или возмущающих воздействий. Возможен и частный случай, когда она остается постоянной на временном интервале $t_1 \dots t_3$. Однако более общим является произвольный закон изменения переменной опережения во времени.

Основными временными параметрами ПФМ при использовании их для управления аппаратами периодического действия являются постоянная времени τ_y и время опережения τ_{on} . При произвольном законе изменения величины y на участках 1—2 и 2—3 в аппарате и модели τ_y можно представить как отношение разности значений y в точках 1 и 2' к среднеинтегральному значению скорости изменения y_m на временном интервале $t_1 \dots t_2$, а τ_{on} — как отношение разности значений y в точках 2 и 3 к среднеинтегральному значению скорости изменения y_a на временном интервале $t_2 \dots t_3$. В то же время изменение y_m происходит не только во времени, но и по пространственной координате мо-

дели, поэтому $y_m(t_2) - y_m(t_1) = \int_0^{L_m} y(l) dl$, тогда

$$\tau_y = \frac{\int_0^{L_m} y_m(l) dl}{\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \dot{y}_m(t) dt}, \quad \tau_{on} = \frac{y_m(t_2) - y_a(t_2)}{\frac{1}{t_3 - t_2} \int_{t_2}^{t_3} \dot{y}_a(t) dt}, \quad (1)$$

где $\dot{y}_m(l)$ — производная изменения величины y в модели по пространственной координате l ;

$\dot{y}_m(t)$ и $\dot{y}_a(t)$ — производные изменения величины y по времени соответственно в модели и аппарате;

L_m — линейный размер модели.

Преобразуем формулы (1) при условии постоянства скорости изменения величины y на участках 1—2 и 2—3 в аппарате и модели. Отметим при этом, что ошибка, вызванная такой линеаризацией, определяется путем аналитического или экспериментального исследования конкретного объекта управления, однако минимизация τ_y и τ_{on} при решении большинства задач управления приводит к уменьшению этой ошибки.

При постоянной скорости изменения y формулы (1) примут вид:

$$\tau_y = \frac{\omega_m(l) L_m}{\omega_m(t)}, \quad (2)$$

$$\tau_{on} = \frac{y_m(t) - y_a(t)}{\omega_a(t)}, \quad (3)$$

где $\omega_m(t)$ и $\omega_a(t)$ — скорости изменения переменной y относительно t соответственно в модели и аппарате;

$\omega_m(l)$ — скорость изменения переменной y относительно пространственной координаты в модели.

Формула (2) может быть использована при проектном расчете ПФМ для определения $\omega_m(l)$, величины, определяющей конструктивные особенности модели. Требования к τ_y формулируются с учетом особенностей синтезированного алгоритма управления.

Если учитывать только гидродинамику движения продукта в модели, то

$$\tau_y = \frac{L_m}{v_m}, \quad (4)$$

где v_m — скорость движения продукта в модели.

Однако формула (4) не отражает всех особенностей процесса, так как при $w_m(t) = 0$ $\tau_y = 0$ при любой скорости движения продукта в модели. В то же время формулу (4) можно использовать для определения линейного размера модели L_m , если задаться значением v_m , исходя из условий гидродинамического подобия процессов в аппарате и ПФМ.

Формулы (2) и (3) позволяют найти соотношение между τ_{on} и τ_y . Действительно,

$$\begin{aligned} y_m(t) &= y_a(t - \tau_y) + w_m(t - \tau_y) \tau_y, \\ y_a(t) &= y_a(t - \tau_y) + w_a(t - \tau_y) \tau_y. \end{aligned} \quad (5)$$

Подставляя (5) в (2), получим:

$$\tau_{on} = \frac{w_m(t - \tau_y) - w_a(t - \tau_y)}{w_a(t)} \tau_y. \quad (6)$$

Из формулы (6) следует: $\tau_{on} > 0$ при условии, что $\tau_y > 0$ и $w_m(t - \tau_y) > w_a(t - \tau_y)$. Для случая, когда $w_a(t - \tau_y) = w_a(t)$ формула (6) примет вид:

$$\tau_{on} = \left(\frac{w_m(t)}{w_a(t)} - 1 \right) \tau_y. \quad (7)$$

Таким образом, время опережения τ_{on} прямо пропорционально постоянной времени τ_y и увеличивается с возрастанием скорости изменения переменной y в ПФМ.

При использовании ПФМ для оптимизации технологических процессов в аппаратах периодического действия с помощью систем, имеющих нелинейность релейного типа [2], время опережения принимают равным времени запаздывания объекта $\tau_{об}$. В этих условиях, как видно из формулы (7), выбор τ_y и, следовательно, отношения τ_{on}/τ_y определяет соотношение скоростей изменения переменной опережения в аппарате $w(t)$ и модели $w_m(t)$. Уменьшение τ_y приводит к уменьшению отклонения от оптимального режима, однако большие отношения $w_m(t)/w_a(t)$ требуют значительной интенсификации процесса в модели по сравнению с процессом в аппарате, что не всегда технически может быть реализовано. Поэтому минимальные значения τ_y ограничиваются возможностями технической реализации необходимых $w_m(t)$.

ВЫВОДЫ

1. Основными временными параметрами прогнозирующих физических моделей ПФМ являются постоянная времени и время опережения.
2. Постоянная времени ПФМ прямо пропорциональна расстоянию от места разделения реакционного продукта до места установки первичных измерительных преобразователей и обратно пропорциональна отношению скоростей изменения переменной опережения в модели относительно времени и относительно пространственной координаты.
3. Время опережения зависит от постоянной времени ПФМ и скорости изменения переменной опережения в ПФМ и аппарате относительно времени.

4. Использование ПФМ для разработки систем оптимального управления требует минимизации постоянной времени и времени опережения ПФМ в пределах ограничений, связанных с технической реализацией необходимой скорости изменения переменной опережения в модели и временем запаздывания аппарата по выбранному каналу управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трегуб В. Г. Изв. вузов СССР, Пищевая технология, 1979, № 3, с. 96.
2. Трегуб В. Г., Попов В. Д., Бажал И. Г., Сиренко С. И., Гулый И. С. Способ регулирования процесса уваривания сахарных утфелей. Авт. свид. № 234252 от 13.05.1967.
3. Мирошник В. А., Попов В. Д., Трегуб В. Г. Изв. вузов СССР, Пищевая технология, 1977, № 2, с. 97.