

В. Г. ТРЕГУБ, канд. техн. наук

### **ОБ УПРАВЛЕНИИ НЕПРЕРЫВНО ФУНКЦИОНИРУЮЩИМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ АППАРАТОВ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ**

В ряде отраслей пищевой промышленности в аппаратах периодического действия (АПД) осуществляются различные технологические процессы: кристаллизация сахара, ращение хлебопекарных дрожжей, приготовление раствора питательных солей, брожение и дображивание пива, стерилизация консервов и др. Использование АПД в этих случаях вызвано разными причинами (опасностью быстрого накопления побочных продуктов, необходимостью увеличить частоту периодически выполняемых операций, обработкой продукта по сложной программе, осуществлением процесса от случая к случаю, многоассортиментностью и мелкомасштабностью производства).

Для согласования работы АПД с непрерывно функционирующим производством из аппаратов периодического действия можно организовать непрерывно функционирующий технологический комплекс (ТК), если при непрерывной подаче сырья или исходного полупродукта непрерывно производить выдачу готового продукта или полупродукта за счет подключения одних аппаратов после окончания выгрузки других [4]. В наиболее общем случае такой технологический комплекс может включать в себя ряд параллельных ветвей с параллельно включенными в каждой из них аппаратами.

Решение задач управления ТК АПД зависит не только от числа параллельных ветвей комплекса и числа аппаратов в каждой ветви, но и от возможности одновременной загрузки или выгрузки нескольких

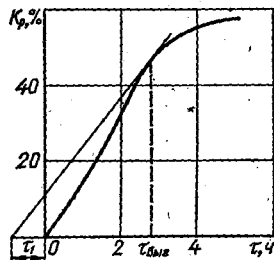
АПД. В дальнейшем будем различать технологические комплексы АПД с последовательно-временной или параллельно-временной загрузкой либо выгрузкой. При последовательно-временной загрузке ТК АПД располагает такой поточно-транспортной загрузочной системой, которая одновременно может осуществлять загрузку только одного АПД. При параллельно-временной загрузке возможна одновременная загрузка нескольких АПД. Аналогично определяется ТК АПД с последовательно- и параллельно-временной выгрузкой. При этом последние обычно содержат на выходе накопительные емкости, к которым в период выгрузки могут подключаться одновременно несколько АПД.

Рассмотрим особенности управления технологическим комплексом АПД с последовательно-временной выгрузкой. При непрерывном выходном потоке такого комплекса основные управления здесь связаны с временем начала загрузки  $\tau_{\text{заг}}$  и выгрузки  $\tau_{\text{выг}}$  аппарата, а также с длительностью выгрузки  $\Delta\tau_{\text{выг}}$ . Длительность выгрузки при постоянном рабочем объеме аппарата  $V_p$  определяет производительность ТК АПД, поэтому при известном заданном значении последней  $b^* \Delta\tau_{\text{выг}} = V_p / b^*$ .

Время начала выгрузки аппарата может быть использовано как управляющее воздействие при максимизации цикловой производительности аппарата  $B_{\text{ц}}/\tau_{\text{ц}}$  с помощью метода В. В. Кафарова [3], где  $B_{\text{ц}}$  — количество получаемого за цикл продукта;  $\tau_{\text{ц}}$  — длительность цикла.

На рисунке показано графическое определение времени начала выгрузки  $\tau_{\text{выг}}$  утфельного вакуум-аппарата I продукта свеклосахарного производства по экспериментальной кинетической кривой роста массового содержания кристаллов в утфеле  $K_p$ , доставляющее максимум производительности вакуум-аппарата  $m_y K_p/\tau_{\text{ц}}$  при условии достижения массой утфеля в аппарате  $m_y$  значений, соответствующих технологическому регламенту. При этом  $\tau_1$  включает в себя длительность операций по набору аппарата, сгущению сиропа, спуску утфеля и пропарке, а время  $\tau$  отсчитывается от начала заводки кристаллов в аппарате, оно включает в себя, кроме образования кристаллов, их наращивание и отваривание утфеля. Как видно из графика, максимальное количество кристаллического сахара за единицу времени соответствует  $K_p = 46,5\%$  и  $\tau_{\text{выг}} = 2,8$  ч.

Однако использование в рассматриваемых ТК АПД времени начала выгрузки для организации непрерывного выходного потока комплекса будет приводить к отклонению от оптимальных режимов, так как в этом случае  $\tau_{\text{ц}}^* \neq \tau_{\text{ц}}^{\text{H}}$ , где  $\tau_{\text{ц}}^{\text{H}}$  — длительность цикла, доставляющая экстремум отношению  $B_{\text{ц}}/\tau_{\text{ц}}$ , а  $\tau_{\text{ц}}^*$  — длительность цик-



Определение времени начала выгрузки вакуум-аппарата I продукта свеклосахарного производства.

ла, выбранная из условий непрерывности выходного потока комплекса.

При параллельно-временной загрузке и последовательно-временной выгрузке АПД технологического комплекса для уменьшения

$\sum_{i=1}^m |\tau_{ni}^* - \tau_{ni}^n|$ , где  $m$  — число аппаратов в комплексе, можно использовать алгоритмы выбора аппарата для выгрузки, подобный алгоритм переключения [2] одного из контактных аппаратов с режима контактирования на режим регенерации. Суть его заключается в том, что за окончанием выгрузки одного аппарата следует начало выгрузки того из готовых к этой операции аппаратов, который раньше других достиг оптимальной длительности цикла  $\tau_n^*$ . Если таких аппаратов нет, то выгружают аппарат, который имеет наибольшую длительность рабочей стадии  $\tau_p$  в данный момент времени.

При последовательно-временных загрузке и выгрузке в режиме нормального функционирования комплекса последовательность загрузки аппаратов сохраняется и при их выгрузке. Однако вне зависимости от того, используется ли последовательно-временная загрузка при последовательно-временной выгрузке для минимизации  $\sum_{i=1}^m |\tau_{ni}^* - \tau_{ni}^n|$ , целесообразно корректировать время начала загрузки следующего аппарата на основе прогнозирующего значения

$$\tau_{ni} = k_n \left( \sum_{i=1}^m \Delta \tau_{выгр i} - \tau_{ni}^* \right),$$

где  $\tau_{ni}$  — смещение во времени начала загрузки  $i$ -го аппарата относительно окончания загрузки предыдущего (по времени загрузки) аппарата;  $k_n$  — поправочный коэффициент, учитывающий неточность прогноза  $\tau_{ni}^*$ .

Такая коррекция времени начала загрузки следующего аппарата значительно уменьшает время простоя аппарата с готовым продуктом. Проверка описанного алгоритма проводилась в отделении приготовления раствора питательных солей крупнотоннажного производства кормовых дрожжей, состоящем из восьми мешалок периодического действия [1]. Рабочий цикл мешалки включает операции загрузки, перемешивания и выгрузки. Смещение во времени начала загрузки  $i$ -ой мешалки определялось по формуле

$$\tau_{ni} = (m - 1) \frac{V_p}{b^*} - \Delta \tau_{зар i} - \Delta \tau_{пер i},$$

где  $\Delta \tau_{зар i}$ ,  $\Delta \tau_{пер i}$  — длительности соответственно операций загрузки и перемешивания. Суммарное время простоя мешалок с готовым раствором при экспериментальной месячной проверке данного алгоритма для  $V_p = 40 \text{ м}^3$ ;  $b^* = 13,3 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $m = 3$ ;  $\Delta \tau_{зар} = 1 \text{ ч}$ ;  $\Delta \tau_{пер} = 3 \text{ ч}$  и  $\tau_n = 2 \text{ ч}$  составило 2 ч против 142 ч при работе отделения без использования данного алгоритма управления.

#### Список литературы

1. Автоматизированная система управления соевым отделением Кировского биохимического завода / В. Я. Городенская, В. Г. Трегуб, Н. П. Веклич, Е. З. Калинская. — Материалы конф. по проектированию АСУ ТП в микробиол. пром-сти. К.: Ин-т автоматки, 1977, с. 53—66.
2. Горбатов В. А., Кафаров В. В., Павлов П. Г. Логическое управление технологическими процессами. М.: Энергия, 1978. 272 с.
3. Кафаров В. В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. М.: Химия, 1976. 464 с.
4. Трегуб В. Г. Управление комплексом технологических аппаратов периодического действия. — В кн.: Теория и практика управления производством. К.: Ин-т автоматки, 1975, с. 38—42.

*Поступила в редколлегию 10.04.81.*