

УДК 663.14.012-52

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ РЕЖИМА РАБОТЫ АВТОМАТИЧЕСКИХ ДОЗАТОРОВ
ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ

В.Ф.НИКОЛАЕНКО, А.П.ЛАДАНИК, В.Г.ТРЕГУБ

Киевский технологический институт пищевой промышленности

В системе автоматизации дрожжерастительного аппарата значительное место занимает узел автоматического дозирования питательных компонентов, от надежности и точности работы которого зависит эффективность процесса дрожжевания. В качестве дозаторов чаще используют дозаторы дискретного действия, отличающиеся более высокой точностью по сравнению с дозаторами непрерывного дозирования [1]. Учитывая дискретное дозирование, кривую задания (рис.1а) можно представить следующими способами:

при время-импульсном дозировании (рис.1б) обработка задания происходит вследствие изменения времени подачи дозы;

при амплитудно-импульсном дозировании—вследствие изменения величины дозы (рис.1в) при постоянной частоте;

при частотно-импульсном дозировании (рис.1г)—вследствие изменения частоты следования постоянных доз.

Такое представление дискретного дозирования несколько идеализированно, но оно позволяет упростить исследование всех способов дозирования, сравнить их между собой. Для разработки системы дозирования и выбора принципа дозиро-

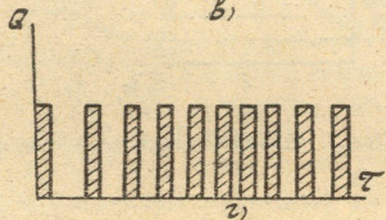
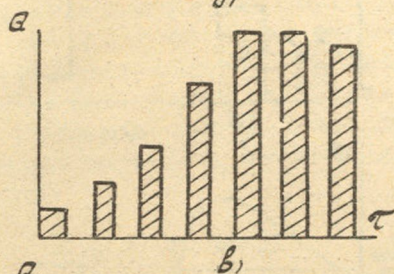
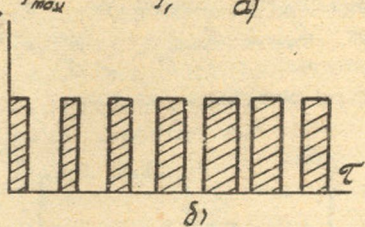
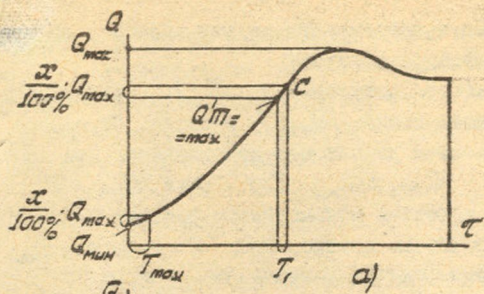


Рис. I. Виды дискретного дозирования

вания необходимо задать кривую подачи жидкости по времени, по которой определяются:

продолжительность дозирования (τ_n), минимальный (Q_{min}) и максимальный (Q_{max}) расходы. Отношение $\frac{Q_{max}}{Q_{min}} = \Pi$ назовем диапазоном дозирования. При постоянном задании $Q_{max} = Q_{min} \cdot \Pi = 1$. Если $Q_{min} = 0$ (рис. 2а), то в качестве минимального расхода можно принять заданную точность дозирования α , тогда $Q_{min} = \alpha \frac{Q_{max}}{100\%}$. В этом случае дозирование происходит лишь на участках, где $Q_{зад} \geq Q_{min}$. Если дозирование необходимо и на участках, где $Q_{зад} < Q_{min}$, то такие участки следует рассматривать отдельно.

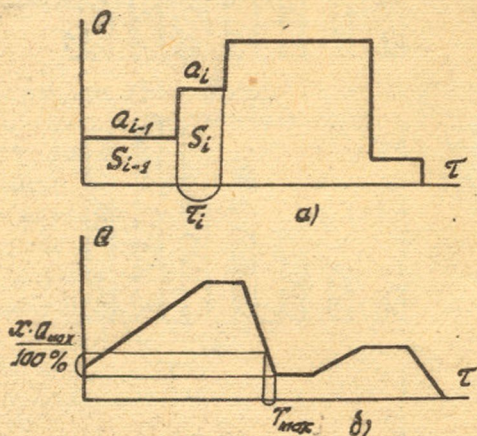


Рис. 2. Выбор частоты дозирования

При дозировании питательных компонентов в дрожжерастительный аппарат кривую подачи необходимо описывать с заданной точностью, поэтому в данном случае будем рассматривать точность самого метода дозирования, не касаясь определенной конструкции дозатора. При дискретном дозировании происходит замена непрерывного сигнала дис-

етным. Любую кривую можно представить в виде спектра
 стот, определяемого по теореме Котельникова [27]. При
 мене непрерывного сигнала дискретным никакой потери
 формации не произойдет, если частота следования им-
 льсов удовлетворяет условию

$$T \leq \frac{1}{2f_c},$$

где T - период следования импульсов;
 f_c - граничная частота спектра.

Но так как все дозаторы относятся к механическим ус-
 ройствам, которые не могут работать на высоких частот-
 ах, то выполнение указанного выше соотношения не всег-
 а возможно. Поэтому ниже будут рассмотрены практичес-
 ие способы определения частоты дозирования, исходя из
 аданной кривой и точности дозирования. При ступенчатом
 характере задания (рис. 2а) частоту для всех видов дис-
 кретного дозирования следует выбирать так, чтобы для
 каждой ступени (т.е. участка, где задание постоянно)
 потеря или прибавление одного импульса (дозы) не превы-
 шала допустимую погрешность, при этом должно выполняться
 ся соотношение

$$a_{x_i} \leq S_i \cdot \alpha / 100\%.$$

Для амплитудно-импульсного и время-импульсного дозирова-
 ния $a_{x_i} = |a_i - a_{i-1}|$, а для частотно-импульсного дозирова-
 ния $a_{x_i} = a$, где a_i - величина дозы на i -том участ-
 ке с постоянным заданием (рис. 2а);

a_{i-1} - величина дозы на предыдущем участке с постоян-
 ным заданием;

a - величина дозы для частотно-импульсного дозиро-
 вания;

$S_i = a_i \cdot \tau_i$ - количество жидкости, которое надо подать
 по заданию на i -том участке;

a_{x_i} - допустимая абсолютная погрешность дозирования
 на i -том участке.

Когда необходим постоянный расход ($Q_{зад} = const$) и нет ограничений по времени отсутствия дозы T_0 , частоту дозирования можно выбрать произвольно, соблюдая, однако, соотношение $a \leq Q_{зад} \cdot T_n \cdot x/100\%$, которое гарантирует заданную точность при потере или прибавлении одного импульса (дозы).

Если кривая задания имеет ступенчатый характер с наклонными (рис. 2б), то на наиболее крутой наклонной откладывают отрезок, равный $Q_{max} \cdot x/100\%$. Время, за которое задание изменится на эту величину, будет периодом дозирования T_{max} , соответствующим минимально возможной частоте при заданной погрешности.

При изменении задания по плавной кривой (рис. 1а), исходя из заданной точности, минимальную частоту дозирования определяют в следующем порядке. Для частотно-импульсного дозирования минимальная частота будет в точке, где $Q_{зад} = Q_{min}$. Поэтому от Q_{min} на кривой также откладывают отрезок, равный $Q_{max} \cdot x/100\%$. Время, за которое задание изменится на эту величину, будет максимальным периодом дозирования. Кроме этого необходимо проверить минимальную частоту в точке максимального изменения задания $|Q'(t)| = max$. Для этого в районе точки $|Q'(t)| = max$ находят отрезок, соответствующий изменению задания на величину допустимой погрешности.

Время, за которое произойдет это изменение, и есть период T_1 (рис. 1а), но при этом будет выполняться соотношение

$$T_{max} \geq T_1 \frac{Q_1}{Q_{min}}$$

где T_1 - значение расхода в точке максимального значения производной.

Если указанное выше соотношение не выполняется, то частоту дозирования надо увеличить.

Для время-импульсного и амплитудно-импульсного дозирования, при котором частота постоянна, минимально до-

Устойчивую частоту дозирования определяют лишь в точке максимального изменения задания $|a'(t)| = \max$.

В настоящее время на дрожжевых заводах для дозирования питательных растворов в дрожжерастительный аппарат монтируют дозаторы с мерной емкостью, работающие на частотно-импульсном (Краматорский, Узловский дрожзаводы) или амплитудно-импульсном принципе (Московский дрожзавод) [1].

Рассмотрим порядок расчета основных параметров дозаторов с мерной емкостью, работающих на частотно-импульсном принципе (рис.3).

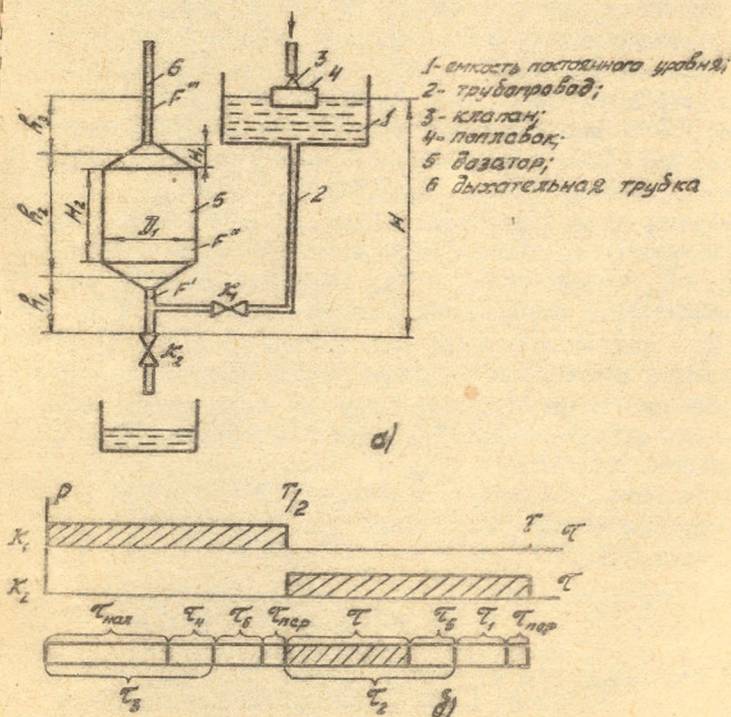


Рис.3. Схема работы дозатора с мерной емкостью

При подаче от управляющего устройства импульса на клапан K_1 (рис.36) дозатор заполняется, потом клапан K_1 закрывается и открывается клапан K_2 , происходит опорожнение дозатора, далее цикл повторяется. По кривой $Q_{доз}(t)$ определяются Q_{max} , Q_{min} , T_n и диапазон дозирования $D = \frac{Q_{max}}{Q_{min}}$. Далее рассчитывают минимальную частоту f_{min} , величину дозы $a = \frac{Q_{min}}{f_{min}}$ и максимальную частоту $f_{max} = D \cdot f_{min}$. Периоды дозирования соответственно будут

$$T_{max} = \frac{1}{f_{min}}; \quad T_{min} = \frac{1}{f_{max}}$$

Проанализируем составляющие периода дозирования. Обычно управляющие устройства формируют прямоугольные импульсы переменной частоты, которые подаются на исполнительные устройства (рис.36). В период входит такие составляющие: T - время выдачи дозы; T_0 - время отсутствия дозы. Чем меньше T_0 , тем выше качество процесса дозирования, поэтому надо стремиться при этом же периоде увеличить время подачи дозы и уменьшить время отсутствия дозы. Время T_0 в свою очередь, состоит из таких составляющих: $T_{нал}$ - времени наполнения дозатора, зависящего от конструктивных особенностей системы дозирования; T_4 , T_5 - времени запаса при наполнении и сливе; T_1 , T_6 - времени оставшегося при сливе и наполнении, за счет которого происходит отработка заданного диапазона дозирования (для улучшения качества процесса дозирования T_4 и T_5 необходимо исключить); $T_{пер}$ - времени перекрытия импульсов, которое выбирается в зависимости от конструкции клапанов, и при пневматической схеме управления зависит от длины линии [37].

$$T + T_5 = T_2 = T \cdot K_{сл} \quad \text{и} \quad T_4 + T_{нал} = T_3 = T_{нал} \cdot K_{ноп},$$

где $K_{сл}$ и $K_{ноп}$ - коэффициенты запаса соответственно при наполнении и сливе (выбираются в диапазоне от 1,2 до 2).

Исходя из рассмотренного выше, для дозатора оптимальными условиями будут $K_{\text{ном}} \cdot \tau_{\text{ном}} = K_{\text{сл}} \cdot \tau$, а при $K_{\text{ном}} = K_{\text{сл}} \cdot \tau_{\text{ном}} = \tau$. Время отсутствия дозы на частотах

$$\beta = \tau_{\text{max}} - \tau_{\text{min}} = \tau_{\text{ном}} + \tau_4 + 2\tau_{\text{пер}} + \tau_5;$$

$$\beta = \tau_{\text{min}} - \tau_{\text{отmax}} = \tau_{\text{ном}} + \tau_4 + \tau_{\text{отmax}} + 2\tau_{\text{пер}} + \tau_5 + \tau_{\text{max}}.$$

Время отсутствия дозы на низких частотах можно уменьшать за счет τ_4 (задержкой слива), что особенно эффективно при больших диапазонах дозирования.

Проектируя дозаторы, необходимо также рассчитать их размеры, выбрать сечения трубопроводов и клапанов. При дозировании по схеме (рис. 3а) происходит наполнение открытого сосуда [4]. Обычно на практике существует некоторая заданная величина напора H , трубы и клапаны определенного диаметра. Поэтому необходимо проверить, чтобы время наполнения дозатора и время выдачи дозы было не больше рассчитанного по условию получения определенной частоты дозирования.

При наполнении и опорожнении дозатор представляет собой сосуд переменного сечения, который можно условно разделить на три участка, каждый из которых имеет постоянное сечение (рис. 3а) — R_1 ; R_2 ; R_3 .

При этом время наполнения

$$\tau_{\text{ном}} = \frac{2}{\alpha_1 F_1 \sqrt{2g}} \left[F \sqrt{H - \sqrt{R_2 + R_3}} + F \sqrt{\sqrt{R_2 + R_3} - \sqrt{R_3}} + F \sqrt{\sqrt{R_3}} \right].$$

Опорожнение дозатора

$$\tau = \frac{2}{\alpha_2 F_2 \sqrt{2g}} \left[F \sqrt{H - \sqrt{R_2 + R_1}} + F \sqrt{\sqrt{R_2 + R_1} - \sqrt{R_1}} + F \sqrt{\sqrt{R_1}} \right],$$

где F_1 — площадь отверстия, через которое наполняется и опорожняется дозатор;

α_1, α_2 — коэффициенты при наполнении и сливе, методика определения которых изложена в источниках

[3 + 6].

Если расчетное время заполнения или опорожнения дозатора окажется больше допустимого, необходимо увеличить высоту напора либо увеличить диаметр подводящих трубопроводов.

По приведенной выше методике был рассчитан дозатор мелассы для процесса дрожжевания.

Оказалось, что при $Q_{\min} = 470$ л/ч, $Q_{\max} = 2040$ л/ч,
 $\tau_n = 23$ ч, $V_{\min} = 6,71$ л/ч, $V_{\max} = 33,5$ л/ч,
 $a = 70$ л, размеры дозатора $D_1 = 400$ мм, $H_2 = 467$ мм,
 $H_1 = 115$ мм. Расчетное время наполнения и опорожнения
 $\tau_{\min} = 29,5$ с, $\tau = 32,4$ с.

Таким образом, расчет дозатора, работающего по час-точно-импульсному методу, проводится в следующем порядке. По кривой задания определяются максимальный и минимальный расходы, время продолжительности дозирования, диапазон дозирования, минимальная частота дозирования и величина дозы (при этом исходят из заданной точности описания кривой). Затем рассчитываются геометрические размеры дозатора, а также определяется время опорожнения и заполнения дозатора.

Л и т е р а т у р а

1. ГРАНОВСКИЙ Я. Д. Новое в автоматизации производства дрожжей ЦНИИТЭИмашпрома. - М., 1976.
2. КУЗИН Л. Т. Основы кибернетики. - М.: Изд-во МГУ, 1973.
3. ГУРЕВИЧ А. Л., СОКОЛОВ М. В. Импульсные системы автоматического дозирования агрессивных жидкостей. - М.: Энергия, 1973.
4. ФРЕЙНСЛЬ Н. З. Гидравлика. - М.: Госэнергоиздат, 1956.
5. Справочник по гидравлике; под ред. В. А. Большакова. - Киев: Вища школа, 1977.
6. АЛТЫНУЛЬ А. Д., КАЛЫШИН В. И. Гидравлические сопротивления трубопроводов. - М.: Наука, 1964.