

УДК 21.798.426-52

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОЭТАПНОГО ДОЗИРОВАНИЯ  
ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА  
В САМОВЕС ЧЕСАЛЬНОГО АППАРАТА**

*А.Е. ПОЛЯКОВ, К.А. ПОЛЯКОВ, Т.А. ФЕОКТИСТОВА, И.Н. СЕРЯКОВ, Р.В. ТРЫКОВ, Т.П. БОРДОВСКАЯ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

В работе [1] предложена концепция поэтапного дозирования, заключающаяся в разбиении дозирования на несколько этапов. Погрешность дозирования на каждом предшествующем этапе компенсируется на следующим за ним за счет наличия механической или электрической связи, предусмотренной в конструкции электропривода. За счет уменьшения интенсивности подачи материала достигается малая абсолютная погрешность, обеспечивающая малую относительную погрешность дозирования всей массы волокнистого материала.

Используем элементы данной технологии для разработки системы автоматического регулирования подачи волокнистого материала в самовес чесального аппарата с заданной точностью и максимальным быстродействием.

Для дозаторов поэтапного весового дозирования, погрешность которых определяется главным образом непостоянством времени срабатывания устройств управления подачи материала, а также непостоянством физико-механических свойств волокнистого материала, может быть проведена оптимизация по критерию минимума линейной плотности настила ( $T_n$ ) или максимума производительности. Задачей оптимизации в данном случае является такое разбиение дозируемой массы по этапам с определением интенсивности подачи на них, чтобы время дозирования оказалось минимальным, производительность мак-

симальной, а линейная плотность настила минимальной.

На основе результатов оптимизации может возникнуть необходимость в совершенствовании или изменении конструкции дозатора.

С позиции повышения производительности или минимума  $T_n$  желательным является дозирование на первом этапе максимальной массы волокнистого продукта. С другой стороны, разделение всей массы по этапам должно проводиться таким образом, чтобы погрешность предыдущего этапа могла быть компенсирована на последующем. Связь между случайной погрешностью предыдущего этапа и массой, дозируемой на последующем этапе, определяется следующим образом:

$$m_{i+1} = \Delta m_i C,$$

$$\Delta m_i = Q_i K,$$

где  $m_{i+1}$  – масса, дозируемая на последующем этапе;  $\Delta m_i$  – случайная погрешность дозирования на предыдущем этапе;  $C$  – коэффициент запаса по компенсации погрешности;  $Q_i$  – интенсивность подачи материала на  $i$ -м этапе;  $K$  – приведенная погрешность времени дозирования.

Приведенная погрешность времени дозирования определяется главным образом погрешностью времени срабатывания устройств управления подачей материала и непостоянством массы материала на

игольчатой решетке, вызванным погрешностью системы подачи материала и изменением физико-механических свойств волокнистого материала. Считаем, что приведенная погрешность времени дозирования примерно одинакова для всех этапов, то есть

$$m_{i+1} = Q_i K C. \quad (1)$$

Исходя из (1) проведем оптимизацию по критерию линейной плотности настила или производительности на предмет выявления оптимальных масс и интенсивностей подачи материала на этапах дозирования при заданных допустимой абсолютной погрешности  $\Delta_d$ , суммарной дозирующей массы  $M$ , приведенной случайной погрешности времени дозирования  $K$  и коэффициенте запаса  $C$ .

Проведем оптимизацию для случая двух, трех и четырех этапов дозирования. В результате оптимизации необходимо определить время дозирования на первом ( $T_1$ ), втором ( $T_2$ ), третьем ( $T_3$ ) и четвертом ( $T_4$ ) этапах дозирования, аналогично определить интенсивности дозирования по этапам:  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_4$ . При этом должен быть обеспечен минимум на соответствующих этапах:

$$\begin{aligned} \partial f / \partial (T_1 + T_2) = 0, \quad \partial f / \partial (T_1 + T_2 + T_3) = 0, \\ \partial f / \partial (T_1 + T_2 + T_3 + T_4) = 0. \end{aligned}$$

Погрешность дозирования на всех этапах определяется погрешностью дозирования на последнем этапе, то есть должна обеспечиваться компенсация погрешностей предыдущих этапов на последующих, при этом сохраняются условия

$$Q_i = \Delta_d / K.$$

При уменьшении приведенной погрешности времени дозирования за счет совершенствования конструкции самовеса интенсивность подачи материала оказывается значительной и трудно реализуемой на практике. Сопровождающие большую интенсивность подачи материала динамические эффекты затрудняют расчет погреш-

ности, а в ряде случаев делают высокую точность дозирования невозможной. Исходя из этого, имеет смысл задаться некоторой интенсивностью подачи материала на первом этапе, которая, будучи не слишком высокой, не повлечет за собой указанных негативных последствий.

В анализируемом случае известны интенсивности подачи материала на первом и последним этапах (на последнем исходя из требований по точности дозирования).

Введение ограничений на максимум и минимум интенсивности подачи волокнистого материала изменит соотношение интенсивностей и времен дозирования на различных этапах. Для случая двух этапов дозирования заданными являются обе интенсивности. Тогда время дозирования на первом и втором этапах будет определено из уравнения материального баланса:

$$Q_1 T_1 + Q_2 T_2 = M,$$

где  $T_1 = \sqrt{MKC/Q_2} - KC$ ;  $T_2 = MKC/[Q_2(T_1 + KC)]$ .

Для случая трех этапов дозирования, когда заданы  $Q_1$  и  $Q_3$ , время дозирования на этапах и интенсивность дозирования на втором этапе также определены из уравнения материального баланса:

$$Q_1 T_1 + Q_2 T_2 + Q_3 T_3 = M,$$

где

$$\begin{aligned} T_1 &= (M - Q_2 T_2 - Q_3 T_3) / Q_1; \\ T_2 &= CK \sqrt{Q_1 / Q_3} - 1; \\ T_3 &= CK \sqrt{Q_1 / Q_3}; \\ Q_2 &= CK Q_1 / T_2. \end{aligned}$$

В случае четырех этапов дозирования заданы  $Q_1$  и  $Q_4$ . Уравнение материального баланса для рассматриваемого случая имеет вид:

$$Q_1 T_1 + Q_2 T_2 + Q_3 T_3 + Q_4 T_4 = M,$$

причем

$$\begin{aligned} Q_2 T_2 &= CK Q_1; \\ Q_3 T_3 &= CK Q_2 = (CK)^2 Q_1 / T_2; \\ Q_4 T_4 &= CK Q_3 = (CK)^3 Q_1 / (T_2 T_3). \end{aligned}$$

После алгебраических преобразований получим:

$$\begin{aligned} T_1 &= (M - Q_2 T_2 - Q_3 T_3 - Q_4 T_4) / Q_1, \\ T_2 &= \sqrt{Q_1^2 (CK)^3 / MQ_4 - (CK)^2}, \\ T_3 &= \sqrt{(CK)^3 (Q_1 / Q_4 - 1) / T_2}, \\ T_4 &= (CK)^3 Q_1 / (T_2 T_3 Q_4), \\ Q_2 &= (CK)^2 Q_1 / (T_2 T_3); \quad Q_3 = CK Q_1 / T_2. \end{aligned}$$

Сравнивая суммарное время трех- и четырехэтапного дозирования, видно, что введение дополнительного четвертого этапа дозирования увеличивает производительность незначительно. Разбиение дозирования на пять и более этапов нецелесообразно, поскольку даже при четырехэтапном дозировании быстродействие, точность взвешивания и производительность могут быть обеспечены только на базе микропроцессорного управления подачей и взвешиванием волокнистого материала.

Полученные приближенные формулы оптимизации могут быть обобщены. Обозначим величины  $T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_n$  как  $T_{\Sigma n}$ . Тогда:

$$\begin{aligned} T_{\Sigma 1} &= M / Q_1; \quad T_{\Sigma 2} = 2 \sqrt{M(CK) / Q_2}; \\ T_{\Sigma 3} &= 3 \sqrt[3]{M(CK)^2 / Q_3}; \quad T_{\Sigma 4} = 4 \sqrt[4]{M(CK)^3 / Q_4}. \end{aligned}$$

В итоге:

$$T_{\Sigma n} = n \sqrt[n]{M(CK)^{n-1} / Q_n}, \quad n = 1, 2, 3, 4.$$

Поскольку

$$Q_n = \Delta_d / K,$$

то

$$T_{\Sigma n} = nK \sqrt[n]{C^{n-1} / \delta_d},$$

где  $\delta_d$  – допустимая относительная погрешность.

Интенсивность подачи материала определяется следующим образом:

$$\begin{aligned} Q_1 &= M/T - \sum_{i=2}^n Q_i, \\ Q_i &= Q_n T^{n-i} / (CK)^{n-i} = \Delta_d / K^n (T/C)^{n-i}, \quad i \neq 1. \end{aligned}$$

Если в дозаторе предусмотрена возможность автоматического изменения интенсивности подачи, то есть заданы  $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$ , оптимальное разбиение по этапам производится следующим образом.

Для двух этапов дозирования:

$$T_1 = (M - Q_2 T_2) / Q_1; \quad T_2 = KCQ_1 / Q_2.$$

Для трех этапов дозирования:

$$\begin{aligned} T_1 &= (M - Q_2 T_2 - Q_3 T_3) / Q_1; \\ T_2 &= KCQ_1 / Q_2; \quad T_3 = KCQ_2 / Q_3. \end{aligned}$$

Для четырех этапов дозирования:

$$\begin{aligned} T_1 &= (M - Q_2 T_2 - Q_3 T_3 - Q_4 T_4) / Q_1; \\ T_2 &= KCQ_1 / Q_2; \quad T_3 = KCQ_2 / Q_3; \\ T_4 &= KCQ_3 / Q_4. \end{aligned}$$

Обобщенные формулы могут быть представлены в виде:

$$\begin{aligned} T_1 &= (M - \sum_{i=2}^n Q_i T_i) / Q_1, \\ T_i &= KCQ_{i-1} / Q_i, \quad i \neq 1. \end{aligned}$$

При подаче волокнистого материала в самовес чесального аппарата интенсивности могут изменяться ступенчато. Оптимизация проводится следующим образом. Интенсивность подачи на последнем этапе определяется исходя из требований по точности, на первом этапе выбирается ближайшей к оптимальной, определяемой при оптимизации без ограничений на максимум интенсивности на первом этапе. На основе выбранных интенсивностей на первом и последнем этапах определяются интенсивности подачи на промежуточных этапах, затем на их место назначаются большие интенсивности подачи из ряда реализуемых дозатором, наиболее близкие к оптимальным. Исходя из принятых интенсивностей подачи можно определить времена дозирования на этапах.

На рис. 1 представлены зависимости изменения интенсивности подачи волокнистого материала в весовой механизм самовеса от времени дозирования.

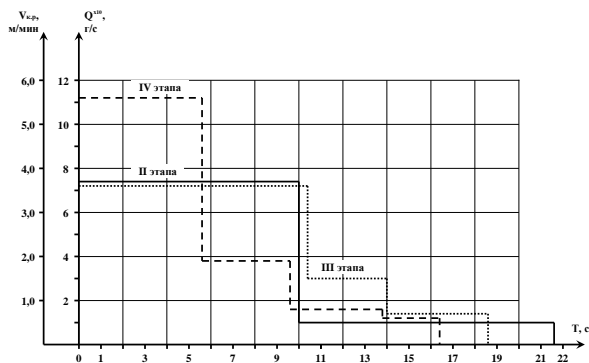


Рис. 1

## ВЫВОДЫ

1. Использование поэтапного дозирования позволяет при высокой точности обеспечить заданную производительность и линейную плотность волокнистого продукта, значительно превышающую производительность дозирования в один этап.

2. На основе полученных результатов установлено, что наиболее рациональным является дозирование в два, три, реже – четыре этапа. Дальнейшее увеличение числа этапов потребовало бы повышения интенсивности подачи на первом этапе, что чревато возникновением нежела-

тельных динамических эффектов в автоматизированных системах управления. Кроме того, при большем числе этапов требования к быстродействию устройства управления подачей волокнистого материала в самовес чесального аппарата могут быть технически реализованы.

3. Полученные зависимости интенсивности от времени (рис. 1) для различных этапов дозирования использованы авторами для разработки алгоритмов управления подачей волокнистого материала в весовой механизм самовеса, реализуемых с помощью комплектного асинхронного электропривода КПЭ с микропроцессорным управлением от регулятора напряжения МРН000.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Поляков К.А., Поляков А.Е. Методы и системы энергосберегающего управления текстильным оборудованием. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2004.

Рекомендована кафедрой электротехники. Поступила 24.04.09.