УДК 677.021.28

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ВЫТЯГИВАНИЯ В ОДНОЗОННОМ ВЫТЯЖНОМ ПРИБОРЕ

Ринейский К.Н., Коган А.Г.,
Рыжков Г.П.

(ВГТУ)

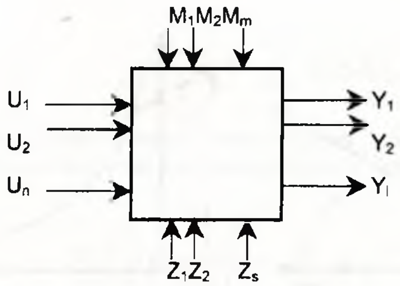
Целью исследования процесса вытягивания в вытяжном приборе, как и любого другого технологического процесса текстильной промышленности, является:

1) раскрытие сущности и закономерности процесса;
2) определение оптимального режима работы объекта (механизма, машины, агрегата) для обеспечения заданного качества выпускаемой продукции и высокой производительности;
3) определение статических и динамических характеристик объекта и др.

Сущность математического описания объекта (системы) или процесса заключается в получении математической модели или соотношения, связываювающего характеристики входящего в объект материала, объекта (системы) или процесса и выходящего продукта. Наличие математической модели процесса (объекта) и алгоритма управления процессом обеспечения условия для более быстрого инженерного конструирования рациональной системы автоматического регулирования технологического процесса, создание системы автоматического технического контроля процессов и управления агрегатами и поточными линиями. При определении экспериментальным методом математической модели вытяжного прибора, из-за вероятностного характера изменения толщины продукта при рассмотрении работы вытяжного прибора требуется обработка статистического материала большого объема, что в значительной мере затрудняет получение адекватной модели.

Создание систем автоматического выравнивания вызвало необходимость упрощенного, но адекватного в существенных чертах описания динамики вытяжного прибора. С этой целью было разработано значительное число более или менее сходных математических моделей, описывающих динамику вытяжного прибора.

Рассмотрим вытяжной прибор как объект исследований («черный ящик»), т.е. определим: входные, выходные параметры. Выходные переменные $Y_1, Y_2, \ldots, Y_l$ - характеризуют качество и эффективность протекания процесса (колебания неровноты ленты на выходе вытяжного прибора и т.д.). Контролируемые возмущения $M_1, M_2, \ldots, M_m$ (вид штапельной диаграммы волокон в вытягиваемом продукте, закон изменения линейной плотности продукта на входе, количество волокон в сечении продукта, влажность продукта, длина и прочность волокна, температура и влажность окружающей среды). Неконтролируемые возмущения $Z_1, Z_2, \ldots, Z_s$, т.е. недоступные для измерения или вообще неизвестные (изменение режима работы прибора, изменение характеристик технологического оборудования вследствие износа, присутствие случайных примесей во входящем продукте, неконтролируемые параметры входящего продукта и т.д.). Для вытяжных приборов с авторегулированием необходимо учитывать управляющие воздействия $U_1, U_2, \ldots, U_n$, при помощи которых компенсируются возмущения, и поддерживается оптимальный уровень, выбранного критерия управления технологическим процессом: характеризуются скоростью вытяжных цилиндров.



Получили, что математическая модель процесса, должна представлять собой следующую функциональную зависимость:

$$L_{ЧН} = \frac{\left(d1^2 - d0^2\right)}{d_H^2} * 4 * h \qquad (1)$$

где $Y=(Y_1,...,Y_l)$.

При определении математической модели необходимо выделить все параметры, влияющие на процесс и их значимость, т.е. степень их влияния на качество и характеристики выходящего продукт. Затем, выделив оказывающие наибольшее влияние, математически описать их взаимосвязь с выходными параметрами, получив математическую модель процесса в первом приближении. Это необходимо для анализа общих зависимостей между «входом» и «выходом», устойчивости системы, определении качественных параметров, а так же параметров корректирующих устройств.

Математическая модель системы в первом приближении позволяет получить вид передаточной функции управляющего устройства и с ее помощью спроектировать и построить систему автоматического регулирования.

При создании математической модели вытяжного прибора воспользуемся теоретическим методом её получения. Это обусловлено сложными зависимостями между параметрами прибора, продукта и возмущениями.

Обозначим через T_1 и T_2 среднюю линейную плотность продукта на входе и на выходе вытяжного прибора. Тогда

$$E=T_1/T_2=V_1/V_2 \qquad (2)$$

Формула (2) – простейшая модель процесса вытягивания широко используемая на практике для приближенных расчетов. Из нее видно, что при T_2=Const зависимость между вытяжкой и линейной плотностью на выходе линейная, а между скоростями вращения питающей V_1 и вытяжкой гиперболическая (Рис. 1).

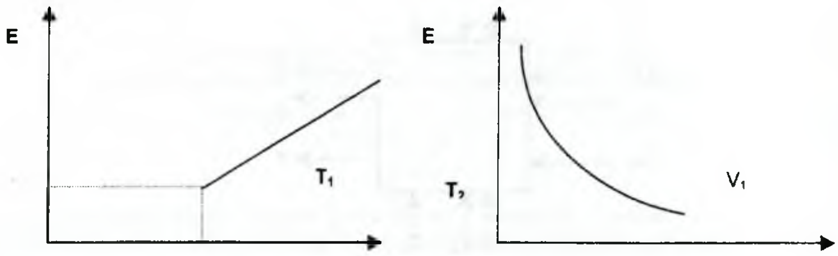


Рис.1

Это справедливо в предположении, что вытягивание шло равномерно, все волока имели одинаковую длину и представляли собой отрезки прямой линии (т.е. не имели извитости), и на процесс вытягивания не оказывали влияния возмущающие воздействия. Передаточная функция вытяжного прибора в данном случае является передаточной функцией усилителя:

$$W_0(p) = K_V$$

В действительности, плотность продукта на выходе дополнительно изменится - из-за различной длинны волокон L_i и степени извитости волокна, и как следствие изменение положения точки (изменение момента) перехода волокон различной длинны со скорости питания на скорость выпуска.

При общем виде штапельной диаграммы ее можно представить в виде суммы элементарных прямоугольных штапельных диаграмм. Тогда она выражается следующей формулой:

$$\varphi_ш(x) = \begin{cases} \Delta C_ш, & x \rangle 0 \\ \Delta C_ш, & \frac{l_m}{n} i \le x \le 0 \quad i = 1,2,3,\ldots,n \\ 0, & x \langle -\frac{l_m}{n} \end{cases}$$

где ΔC_i – высота элементарной штапельной диаграммы;

L_m – максимальная длинна волокна;

n – разбиение или количество элементарных штапельных диаграмм.

Очевидно, что

$$C = \sum_{i=1}^{n} \Delta C_i$$

$$\varphi(x) = \sum_{i=1}^{n} \varphi_i(x)$$

Следовательно, вытягиваемую ленту можно рассматривать, как сумму элементарных лент, штапельная диаграмма волокон которых $\varphi_i(x)$.

Поэтому:

$$W_0(p) = \frac{1}{p}\left(1 - \sum_{i=1}^{n} \gamma_i e^{-\Delta\tau_m ip}\right)$$

где $\gamma_i = \dfrac{\Delta C_i}{C}$, $\Delta\tau_m = \dfrac{l_m}{nV_{10}}$

Эта формула удобна для практического использования, когда неизвестно аналитическое выражение $\varphi(x)$. Полученное уравнение сравнительно легко поддается моделированию на вычислительных машинах.

Если $\varphi(x)$ известно.

$$\psi(l) = \lim_{\Delta C_i \to 0, \Delta l_m \to 0} \frac{\Delta C_i}{\Delta l_m} = \frac{d\varphi(l)}{dl}$$

$\varphi(l) = \varphi(x)\big|_{x=l}$ -штапельная диаграмма волокон;

$\psi(l)$ - определена для $-l_m \le l < 0$.

Так как $\varphi(l) = 1 - F(-l)$,

где *F(-l)* – интегральный закон распределения волокон по длине, то

$$\psi(l) = F_X^!(-l).$$

Следовательно:

$$W_0(p) = \frac{1}{p}\left[1 - \frac{1}{C}\int_0^{l_m} \psi(l) e^{-\frac{1}{V}p} dl\right]$$

Полученная формула описывает передаточную функцию однозонного вытяжного прибора при интегральном законе распределения волокон подлине.