

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИЖЕНИЯ ВОЛОКНА В МАШИНЕ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ОДНОРОДНЫХ ОТХОДОВ

В.М. ЗАРУБИН, А.А. ВИНОГРАДОВ, Д.А. УЛЬБЕВ, Т.В. ШМЕЛЕВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

Для возвращения в технологическую цепочку части волокна, находящегося в отходах прядильного производства, предложена машина для регенерации однородных отходов (МРО) [1]. Машина состоит из двух независимых частей, в которых и происходит обработка волокна (рис. 1). Каждая часть включает приемную, разрабатывающую и сепарирующую секции. Питание осуществляется двухпоточным бункером 1. Волокновыводные пневмоканалы машины объединены в единый пневмоканал. Волокно разрабатывается в нескольких зонах: приемный барабан 2 – пыльчатые валики 3, расчесывающий барабан 4 – пыльчатые валики 5, сепарирующий барабан 6 – колосниковая решетка 7.

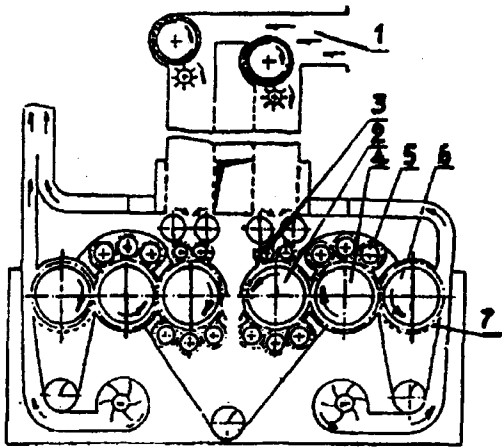


Рис. 1

В питающем канале бункера происходит рассортировка клочков волокон по массе. Более крупные и тяжелые движутся в нижней части воздуховода и попадают в

правую секцию машины; легкие клочки передвигаются в верхней части и поступают в левую секцию машины. Такое разделение волокна дает возможность применить более агрессивную разработку (повышенный скоростной режим рабочих органов) к клочкам, поступающим в правую секцию.

Конструкция машины такова, что расстояния от питания до выхода из машины неодинаковы для двух ее частей. В результате происходит смещение частей потока. Аналогично [2, 3] рассмотрим движение волокна в МРО как линейную динамическую систему.

На входе имеем два потока:  $x(t)$  – линейная плотность потока в момент времени  $t$  на входе (то есть на приемной паре);  $V_1$  – линейная скорость питающего валика 2 (рис.2);  $V_2$  – линейная скорость приемного барабана 1.

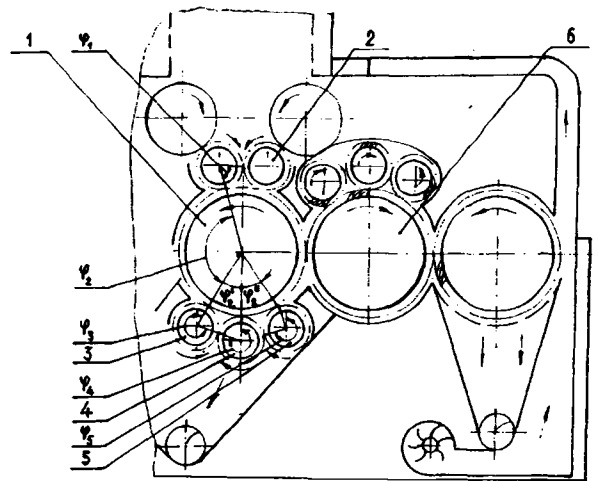


Рис. 2

Тогда линейная плотность потока в начале приемного барабана

$$x_2(t) = \frac{V_1}{V_2} x(t - \tau_1), \quad (1)$$

где  $\tau_1 = \frac{\varphi_1 R_1}{V_1}$ ;  $\varphi_1$  – центральный угол дуги приемного валика, занятой потоком, рад;  $R_1$  – радиус питающего валика.

У первого рабочего валика 3 поток разделяется на две части: одна из них поступает на рабочий валик, вторая движется по приемному барабану:

$$x_3(t) = k_3 \frac{V_2}{V_3} x_2(t - \tau_2), \quad (2)$$

$$x'_3(t) = \bar{k}_3 x_2(t - \tau_2), \quad (3)$$

где  $\bar{k}_3 = 1 - k_3$ ,  $k_3$  – коэффициент съема;

$\tau_2 = \frac{\varphi_2 R_2}{V_2}$  – задержка на приемном барабане до первого рабочего валика 3;  $\varphi_2$  – центральный угол дуги приемного барабана от питающего до первого рабочего валика, рад.

Линейная плотность части потока, пришедшего с первого рабочего 3 и чистительного 4 валиков:

$$x_4(t) = x_3(t - \tau_3 - \tau_4) \frac{V_3 V_4}{V_4 V_2}, \quad (4)$$

где  $\tau_3 = \frac{\varphi_3 k_3}{V_3}$  – задержка на первом рабочем валике;

$\tau_4 = \frac{\varphi_4 k_4}{V_4}$  – задержка на чистительном валике.

В этом случае линейная плотность части потока, пришедшего по приемному барабану под чистительный валик

$$x'_4(t) = x'_3(t - \tau'_2), \quad (5)$$

где  $\tau'_2 = \frac{\varphi'_2 R_2}{V_2}$  – задержка на этом пути;

$\varphi'_2$  – центральный угол дуги приемного барабана от первого рабочего до чистительного валика.

Линейная плотность потока на приемном барабане после чистительного валика выражается с помощью формулы

$$x_5(t) = x_4(t) + x'_4(t) + x_6(t), \quad (6)$$

где  $x_6(t)$  – линейная плотность потока, пришедшего со второго рабочего 5 и чистительного 4 валиков.

Линейная плотность под приемным барабаном

$$x_7(t) = x_5(t - \tau''_2), \quad (7)$$

где  $\tau''_2 = \frac{\varphi''_2 R_2}{V_2}$  – задержка на пути от чистительного валика до приемного барабана.

Поток  $x_7$  под приемным барабаном разделяется на два потока:

$$x_8(t) = k_5 \frac{V_2}{V_5} x_7(t), \quad (8)$$

где  $k_5$  – коэффициент съема в зоне приемный барабан – второй рабочий валик;

$$x'_7(t) = \bar{k}_5 x_7(t). \quad (9)$$

Тогда

$$x_6(t) = \frac{V_5}{V_4} x_8(t - \tau_5 - \tau'_4) \frac{V_4}{V_2}, \quad (10)$$

где  $\tau_5 = \frac{\varphi_5 R_5}{V_5}$  – задержка на втором рабочем валике;

$\tau'_4 = \frac{\varphi'_4 R_4}{V_4}$  – задержка на чистительном валике;  $\varphi'_4$  – центральный

угол дуги чистительного валика от второго рабочего до приемного барабана.

Пусть  $X_i(p)$  – изображение по Лапласу оригинала  $x_i(t)$ . В результате в соответствии с формулами (1...5) имеем

$$\begin{aligned} X_2 &= \frac{V_1}{V_2} X e^{-\tau_1 p}, \\ X_2 &= k_3 \frac{V_2}{V_3} X_2 e^{-\tau_2 p}, \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} X'_3 &= \bar{k}_3 X_2 e^{-\tau_2 p}, \\ X_4 &= \frac{V_3}{V_2} X_3 e^{-(\tau_3 + \tau_4) p}, \\ X'_4 &= X'_3 e^{-\tau'_2 p}. \end{aligned} \quad (12)$$

Выражение (6) дает

$$X_5 = X_4 + X'_4 + X_6. \quad (13)$$

Формулы (7...10):

$$\begin{aligned} X_7 &= X_5 e^{-\tau''_2 p}, \\ X_8 &= k_5 \frac{V_2}{V_5} X_7, \\ X'_7 &= \bar{k}_5 X_7, \\ X_6 &= \frac{V_5}{V_4} \frac{V_4}{V_2} X_8 e^{-(\tau_5 + \tau'_4) p}. \end{aligned} \quad (15)$$

Уравнения (11...15) можно преобразовать следующим образом:

$$\begin{aligned} X_2 &= \frac{V_1}{V_2} X e^{-\tau_1 p}, \\ X_2 &= k_3 \frac{V_1}{V_3} X e^{-(\tau_1 + \tau_2) p}, \\ X'_3 &= \bar{k}_3 \frac{V_1}{V_2} X e^{-(\tau_1 + \tau_2) p}, \end{aligned} \quad (16)$$

$$X_4 = \frac{V_1}{V_2} X e^{-(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4) p}, \quad (17)$$

$$\begin{aligned} X'_4 &= \bar{k}_3 \frac{V_1}{V_2} X e^{-(\tau_1 + \tau_2 + \tau'_2) p}, \\ X_5 &= k_3 \frac{V_1}{V_2} X e^{-(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4) p} + \\ &+ \bar{k}_3 \frac{V_1}{V_2} X e^{-(\tau_1 + \tau_2 + \tau'_2) p} + X_6, \end{aligned} \quad (18)$$

$$X_7 = X_5 e^{-\tau''_2 p},$$

$$X_8 = k_5 \frac{V_2}{V_5} X_5 e^{-\tau''_2 p}, \quad (19)$$

$$X'_7 = \bar{k}_5 X_5 e^{-\tau''_2 p},$$

$$X_6 = k_5 X_5 e^{-(\tau''_2 + \tau_5 + \tau'_4) p}. \quad (20)$$

Формулы (18) и (20) дают равенство

$$\begin{aligned} X_5 &= \frac{V_1}{V_2} (k_3 e^{-(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4) p} + \\ &+ \bar{k}_3 e^{-(\tau_1 + \tau_2 + \tau'_2) p}) X / \\ &/ (1 - k_5 e^{-(\tau''_2 + \tau_5 + \tau'_4) p}). \end{aligned} \quad (21)$$

Выход с приемного барабана

$$y(t) = x'_7(t - \tau_2'''),$$

где  $\tau_2''' = \frac{\varphi_2 R_2}{V_2}$ ;  $\varphi_2'''$  – центральный угол дуги приемного барабана от второго рабочего валика до перехода потока на расчесывающий (6). Его изображение

С учетом (19), (21) получим

$$Y(p) = X' \gamma e^{-\tau_2 p}$$

$$Y(p) = \frac{\bar{k}_5 \frac{V_1}{V_2} (k_3 e^{-(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4)p} + \bar{k}_3 e^{-(\tau_1 + \tau_2 + \tau'_2)p}) e^{-(\tau''_2 + \tau'''_2)p} X}{1 - k_5 e^{-(\tau''_2 + \tau_5 + \tau'_4)p}} \quad (22)$$

Передаточная функция от входа на приемный барабан к выходу с него равна

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)}, \text{ то есть}$$

$$W_1(p) = \frac{\bar{k}_5 \frac{V_1}{V_2} (e^{-(\tau''_2 + \tau'''_2)p} (k_3 e^{-(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4)p} + \bar{k}_3 e^{-(\tau_1 + \tau_2 + \tau'_2)p})}{1 - k_5 e^{-(\tau''_2 + \tau_5 + \tau'_4)p}} \quad (23)$$

Поток  $y(t)$  входит на расчесывающий барабан, где аналогично преобразуется в поток  $Z(t)$ , выходящий с барабана со скоростью  $V_{\text{вых}}$  (скорость расчесывающего барабана считаем равной скорости при-

емного и все их геометрические параметры одинаковыми). Тогда передаточная функция, соответствующая прохождению по расчесывающему барабану:

$$W_2(p) = \frac{\bar{k}_5 \frac{V_2}{V_{\text{вых}}} (k_3 e^{-(\tau_2 + \tau_3 + \tau_4)p} + \bar{k}_3 e^{-(\tau_2 + \tau'_2)p}) e^{-(\tau''_2 + \tau'''_2)p}}{1 - k_5 e^{-(\tau''_2 + \tau_5 + \tau'_4)p}} \quad (24)$$

Пусть  $U$  – доля выпавших угаров по всему пути. В этом случае передаточная функция от входа к выходу

$$W(p) = (1 - U) W_1(p) W_2(p). \quad (25)$$

Аналогичная передаточная функция  $\tilde{W}(p)$  для второго входного потока  $\tilde{W}(p) = W(p)$ . Пусть  $\tau$  – транспортное запаздывание одного потока относительно

другого и тогда общая передаточная функция от входа ( $2X$ ) к выходу

$$W^0(p) = W(p)(1 + e^{-\tau p})/2. \quad (26)$$

Амплитудно-частотная характеристика для (23)

$$АЧХ_1(\omega) = |W_1(i\omega)| = \bar{k}_5 \frac{V_1}{V_2} \frac{\sqrt{(k_3 \cos(\tau_3 + \tau_4)\omega + \bar{k}_3 \cos \tau'_2 \omega)^2 + (k_3 \sin(\tau_3 + \tau_4)\omega + \bar{k}_3 \sin \tau'_2 \omega)^2}}{\sqrt{(1 - k_5 \cos(\tau''_2 + \tau_5 + \tau'_4)\omega)^2 + (k_5 \sin(\tau''_2 + \tau_5 + \tau'_4)\omega)^2}}$$

$$AЧX_1(\omega) = \bar{k}_5 \frac{V_1 \sqrt{k_3^2 + \bar{k}_3^2 + 2k_3\bar{k}_3 \cos(\tau_3 + \tau_4 - \tau_2)\omega}}{V_2 \sqrt{1 + k_5^2 - 2k_5 \cos(\tau_2 + \tau_5 + \tau_4)\omega}}$$

АЧХ для (25)

$$AЧХ(\omega) = |1 - U|(\bar{k}_5)^2 \frac{V_1}{V_{\text{ВЫХ}}}$$

$$\frac{k_3^2 + \bar{k}_3^2 + 2k_3\bar{k}_3 \cos(\tau_3 + \tau_4 - \tau_2)\omega}{1 + k_5^2 - 2k_5 \cos(\tau_2 + \tau_5 + \tau_4)\omega} \quad (27)$$

АЧХ для (26)

$$AЧХ^0(\omega) = \sqrt{(1 + \cos \tau \omega)^2 + \sin^2 \tau \omega}$$

/2) АЧХ(ω)

или

$$AЧХ^0(\omega) = AЧХ(\omega) \left| \cos\left(\frac{\tau}{2}\omega\right) \right| \quad (28)$$

## ВЫВОДЫ

1. В результате представления движения волокна как линейной динамической

системы получены передаточные функции (25), (26) от входов к выходу для МРО.

2. Определены амплитудно-частотные характеристики (27), (28) для обеих частей машины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ 2146731. Машина для регенерации однородных отходов /Зарубин В.М., Шмелева Т.В., Полякова Е.В., Дрягина Л.В., Ульев Д.А., Кельман И.Б., Тунгалаг Дархижавын, Латышев А.А. – Оpubл. 2000. Бюл. № 8.

2. Гисматуллин Р.М. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, № 4. С. 110...113.

3. Белоголовцев С.Д. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1998, № 6. С. 27...31.

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 02.02.01.