

## О РЕГУЛИРОВАНИИ НАТЯЖЕНИЯ ТКАНИ В МНОГОМАССОВОЙ ЗОНЕ ОБРАБОТКИ

В.Т. ФИЛИЧЕВ, А.В. ГЛАЗУНОВ

(Ивановский государственный энергетический университет)

В процессе непрерывной обработки текстильного полотна в роликовой машине последнее под действием сосредоточенных и распределенных технологических возмущений [1] подвергается деформации вдоль основы.

С целью исключения условий недопустимого складкообразования полотна его натяжение на входе зоны обработки (рис.1) при остановке линии должно выбираться таким, чтобы натяжение на выходе  $F_n$  было больше нуля, то есть для зоны с неподвижными роликами

$$F_0 \geq \sum_{i=1}^{i=n} \frac{M_{\text{тp}i}}{R_{pi}}, \quad (1)$$

где  $M_{\text{тp}i}$  – момент трения в цапфах  $i$ -го ролика, Н·м;  $R_{pi}$  – радиус  $i$ -го ролика, м.

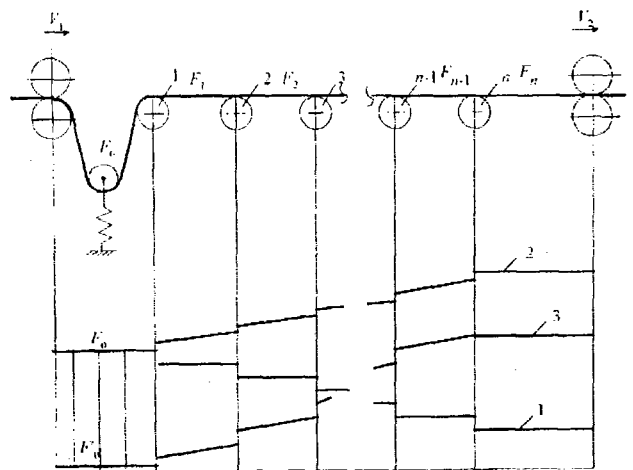


Рис. 1

Таким образом, задаваемое в соответствии с (1) натяжение  $F_0$  в начале зоны обработки при традиционном расположении петлеобразователя-компенсатора на сбегающей с ведомых валков ветви полотна тем больше, чем больше роликов в зоне и больше значение величины моментов сопротивления их вращению (рис.1, зависимость 1).

В процессе работы линии при движении полотна моменты сопротивления вращения роликов, учитываемые в [1] как сосредоточенные возмущения, а также силы распределенного трения полотна в обрабатывающей среде увеличивают его натяжение. При этом натяжение от входа к выходу зоны обработки нарастает в соответствии с зависимостью 2 (рис.1), а натяжение на выходе зоны

$$F_n = V_2 \sum_{i=1}^{i=n} \left( \alpha_c + \frac{\beta_c}{ER_p} \right) + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{M_{тpi}}{R_{pi}}, \quad (2)$$

где  $V_2$  – скорость движения полотна на выходе зоны обработки, м/с;  $\alpha_c$  – коэффициент [1], характеризующий изменение длины ткани за счет действия обрабатывающей среды, Н·с/м;  $\beta_c$  – коэффициент [1], характеризующий трение роликов в обрабатывающей среде, Н·с;  $E$  – модуль упругости полотна, Н.

Таким образом, натяжение полотна на выходе зоны обработки (рис.1, зависимость 2) является суммой составляющих натяжения от действия петлеобразователя, а также сил распределенного и сосредоточенного трения.

Рациональным следует считать режим работы, при котором натяжение полотна на входе в зону обработки изменяется в функции скорости его движения. При этом натяжение на входе зоны  $F_0'$  должно уменьшаться с ростом скорости движения полотна, а минимальное его значение определяться возможным разбросом технологических возмущений на различных участках зоны (рис.1, зависимость 3).

Управление натяжением  $F_0$  должно быть либо программным, либо непрерывным под контролем натяжения  $F_n$  или скорости движения полотна на выходе из зоны. При этом по мере увеличения скорости движения полотна с целью стабилизации натяжения  $F_n$  натяжение  $F_0$  необходимо уменьшать.

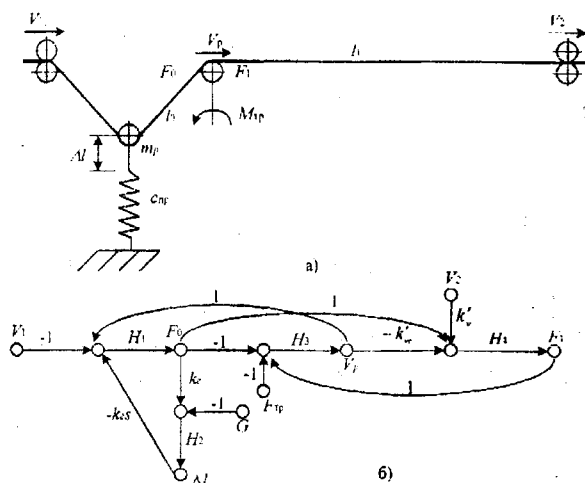


Рис. 2

Рассмотрим математическую модель зоны обработки, представив ее на рис.2 в соответствии с эквивалентной однороликовой моделью [1]. Тогда на основе приведенных на рис.2-а обозначений составляющие натяжения полотна при его транспортировании, обусловленные действием петлеобразователя, сил распределенных и сосредоточенных возмущений, определяются следующей системой дифференциальных уравнений:

$$T_0 \frac{dF_0}{dt} + F_0 = Ek_v (V_p - V_1 \pm k_r V_k), \quad (3)$$

$$T_a \frac{d^2 \Delta l}{dt^2} + \Delta l = \frac{1}{c_{np}} (k_r F_0 - G), \quad (4)$$

$$T_c \frac{dV_p}{dt} + V_p = k'_c (F_1 - F_0 - F_{tp}), \quad (5)$$

$$T_\epsilon \frac{dF_1}{dt} + F_1 = k'_v V_2 - k'_{vc} V_p + F_0, \quad (6)$$

$$V_k = \frac{d \Delta l}{dt}, \quad (7)$$

$$\text{где } k'_c = \frac{R_p}{ER_p \alpha_c + \beta_c}; \quad T_c = \frac{J_p}{ER_p^2 \alpha_c + \beta_c R_p};$$

$$k'_v = Ek_v; \quad k'_{vc} = (k_v - \alpha_c)E; \quad T_\varepsilon = l_1 k_v,$$

$$T_0 = l_0 k_v, \quad T_q = \frac{m_p}{c_{пр}};$$

$G$  – вес неуравновешенных частей петлеобразователя, Н;  $k_r$  – геометрический коэффициент, зависящий от способа заправки ткани на ролик петлеобразователя;  $m_p$  – масса подвижного ролика петлеобразователя, кг;  $c_{пр}$  – жесткость упругого элемента, Н/м.

На рис.2-б представлен направленный граф зоны деформации полотна в соответствующий уравнениям (3...7), где

$$H_1(s) = \frac{F_0(s)}{V_p - V_1 \pm k_r V_k} = \frac{k_v E}{T_0 s + 1}; \quad (8)$$

$$H_2(s) = \frac{\Delta l(s)}{k_r F_0 - G} = \frac{l/c_{пр}}{T_q s^2 + 1}; \quad (9)$$

$$H_3(s) = \frac{V_p(s)}{F_1 - F_0 - F_{тр}} = \frac{k'_c}{T_c s + 1}; \quad (10)$$

$$H_4(s) = \frac{F_1(s)}{k'_v V_2 - k'_{vc} V_p + F_0} = \frac{1}{T_\varepsilon s + 1}. \quad (11)$$

Эквивалентура представленный на рис.2-б направленный граф, определим передаточные функции, связывающие перемещение измерительного ролика петлеобразователя, трение направляющих роликов и натяжение полотна на участках зоны:

$$\frac{\Delta l(s)}{F_{тр}(s)} = \frac{-H_1(s)H_2(s)H_3(s)k_r}{1 + H_1(s)H_3(s) + H_3(s)H_4(s)k'_{vc} + H_1(s)H_2(s)k_r^2 s + H_1(s)H_4(s)H_3(s) +$$

$$+ H_1(s)H_2(s)H_3(s)H_4(s)k'_{vc}k_r^2 s},$$

$$\frac{F_1(s)}{F_{тр}(s)} = \frac{H_3(s)H_4(s)k'_{vc}}{1 + H_1(s)H_3(s) + H_1(s)H_3(s)H_4(s) + H_3(s)H_4(s)k'_{vc} + H_1(s)H_2(s)k_r^2 s +$$

$$+ H_1(s)H_2(s)H_3(s)H_4(s)k'_{vc}k_r^2 s},$$

$$\frac{F_0(s)}{F_{тр}(s)} = \frac{-H_1(s)H_3(s)}{1 + H_1(s)H_3(s) + H_1(s)H_3(s)H_4(s) + H_3(s)H_4(s)k'_{vc} + H_1(s)H_2(s)k_r^2 s +$$

$$+ H_1(s)H_2(s)H_3(s)H_4(s)k'_{vc}k_r^2 s},$$

$$\frac{F_1(s)}{V_2(s)} = \frac{k'_{vc}H_4(s)}{1 + H_1(s)H_2(s)k_r^2s + H_3(s)H_4(s)k'_{vc} + H_1(s)H_3(s)H_4(s) + H_1(s)H_3(s) + H_1(s)H_2(s)H_3(s)H_4(s)k'_{vc}k_r^2s}$$

После подстановки значения оператора  $s$ , равного нулю, и значений коэффициентов получим следующие статические зависимости:

$$\Delta l = -F_{тр} \frac{k_v k'_c k_r \cdot l / c_{пр} E}{1 + k'_{vc} k'_c + 2k_v k'_c E} \quad \text{или}$$

$$\Delta l = -F_{тр} \frac{k_v k_r}{c_{пр} \left( \frac{\beta_c}{ER_p} + 2k_v \right)}; \quad (12)$$

$$F_1 = F_{тр} \frac{k'_c k'_{vc}}{1 + k'_c (2k_v E + k'_{vc})}, \quad \text{или}$$

$$F_1 = F_{тр} \frac{k_v - \alpha_c}{\frac{\beta_c}{ER_p} + 3k_v}; \quad (13)$$

$$F_0 = -F_{тр} \frac{k'_c k_v E}{1 + k'_c (2k_v E + k'_{vc})}, \quad \text{или}$$

$$F_1 = -F_{тр} \frac{1}{\frac{\beta_c}{k_v ER_p} + 3}; \quad (14)$$

$$F_1 = V_2 \frac{k'_v}{1 + k'_c (2k_v E + k'_{vc})}, \quad \text{или}$$

$$F_1 = V_2 \frac{E(ER_p \alpha_c + \beta_c)}{3ER_p + \frac{\beta_c}{k_v}}. \quad (15)$$

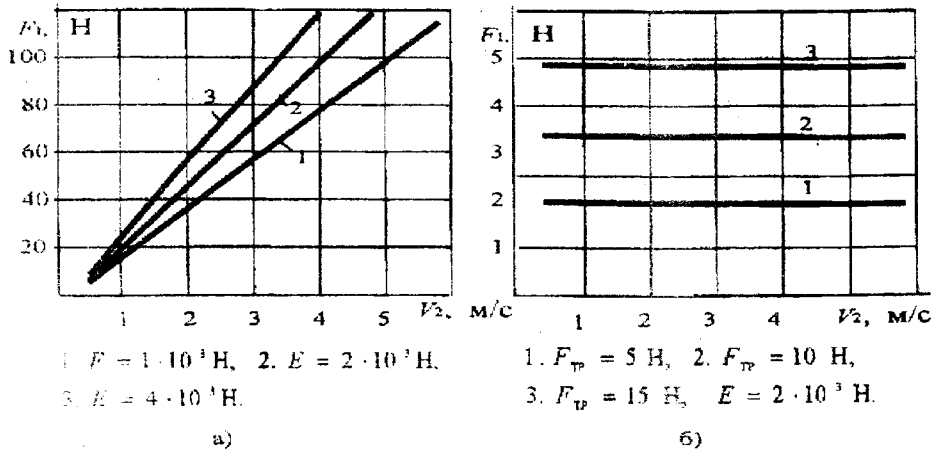


Рис. 3

На рис.3 приведены графики, иллюстрирующие полученные соотношения (12) и (13).

Натяжение в зоне обработки  $F_1$  возрастает с ростом скорости  $V_2$  и с ростом мо-

дуля упругости ткани  $E$  (рис.3-а) и практически не зависит от скорости обработки ткани  $V_2$  при неизменном моменте трения в направляющем ролике  $F_{тр}$  (рис.3-б).

Остается практически неизменным натяжение в начале зоны обработки  $F_0$  и ход компенсатора  $\Delta l$  с увеличением скорости обработки материала при неизменном моменте трения в направляющем ролике  $F_{тр}$ .

Оценку действующих натяжений в зоне обработки ткани, а также анализ возможного способа управления натяжением в начале зоны обработки  $F_0$  выполним в системе двухмашинного агрегата [2]. Рабочие органы технологических машин ки-

нематически жестко связаны с валами приводных двигателей постоянного тока. Приводные двигатели получают питание от индивидуальных тиристорных преобразователей, а система регулирования построена по принципу подчиненного регулирования. Оптимизация контуров тока и скорости выполнена по известным соотношениям без учета упругости кинематических звеньев [3].

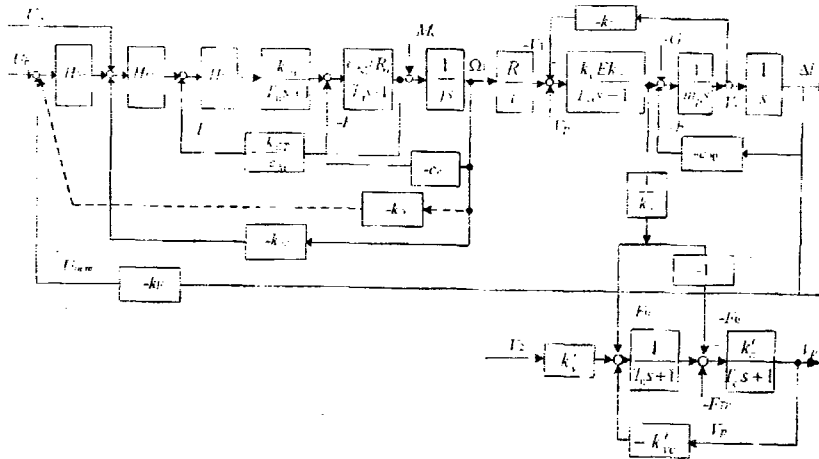


Рис. 4

Моделирование системы подчиненного регулирования натяжения (рис.4) выполнено для двухмашинного агрегата с электродвигателями типа П52 ( $P_H=8\text{кВт}$ ;  $U_H=220\text{ В}$ ;  $I_H=43,5\text{ А}$ ;  $\Omega_H=157\text{ 1/с}$ ;  $J=0,8\text{ кг}\cdot\text{м}^2$ ;  $R_a=0,269\text{ Ом}$ ) и тиристорными преобразователями, имеющими коэффициент усиления преобразователя  $k_H=25$  и постоянную времени  $T_H=0,007\text{ с}$ .

Передаточные функции регулятора тока  $H_{PT}(s) = \frac{0,03s+1}{0,15s}$ , регулятора скорости

$$H_{PC}(s) = \frac{0,056s+1}{0,0052s}, \text{ регулятора натяжения}$$

$$H_{PF}(s) = \frac{0,048s+1}{1s}.$$

Параметры зоны транспортируемого полотна:  $T_0 = 0,5\text{ с}$ ;  $T_q = 0,00005\text{ с}$ ;  $T_\varepsilon = 1\text{ с}$ ;  $k'_v = 1000\text{ Н}\cdot\text{с/м}$ ;  $k_v = 0,5\text{ с/м}$ ;  $k_{vc} = 980\text{ Н}\cdot\text{с/м}$ ;  $T_c = 0,222\text{ с}$ ;  $k'_c = 0,0143\text{ м/Н}\cdot\text{с}$ ;  $F_{тр} = 10\text{ Н}$ ;  $G=19,6\text{ Н}$ .

Условные обозначения параметров структурной схемы на рис.4 соответствуют ранее принятым в [3].

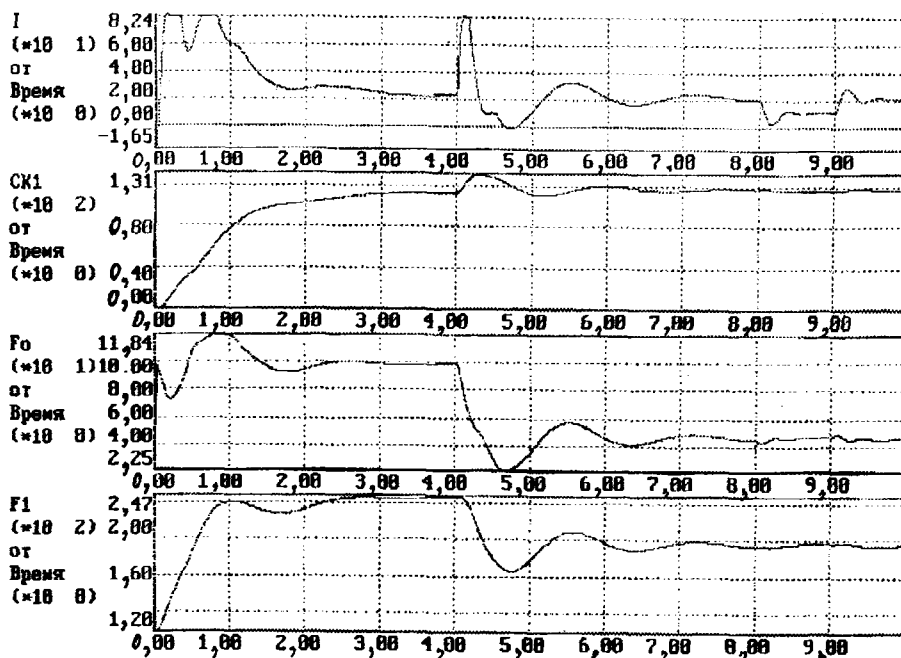


Рис. 5

На рис.5 изображены кривые переходных процессов при пуске агрегата, а также сбросе ( $t \geq 8$ с) и набросе ( $t \geq 9$ с) нагрузки и значении задающего натяжения  $F_0 = 100$  Н. При этом натяжение в зоне обработки достигает значения  $F_1 = 247$  Н, при натяжении в начале зоны обработки  $F_0 = 99$  Н.

С целью уменьшения натяжения полотна в конце зоны обработки введена отрицательная обратная связь по скорости ведомого двигателя на вход регулятора натяжения. Переходные процессы при включении отрицательной обратной связи по скорости приведены на рис.5 начиная с момента времени, равного 4 с.

Выбранные параметры отрицательной обратной связи по скорости обеспечили уменьшение значений натяжений в начале  $F_0$  и в конце зоны обработки на 52,5 Н.

## ВЫВОДЫ

На основе математического моделирования многороликовой зоны обработки ткани двухмашинного агрегата установлена целесообразность управления ее натяжением под контролем скорости движения полотна.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Быстров А.М., Глазунов В.Ф. Многодвигательные автоматизированные электроприводы поточных линий текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1977.
2. Глазунов В.Ф., Тарарыкин С.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1980. №1. С. 76...80.
3. Глазунов В.Ф., Литвинский А.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1980. №4. С. 60...63.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок. Поступила 16.05.01.