

УДК 621.34:62-50

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ
ОДНОРОЛИКОВОЙ ЗОНЫ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ТКАНИ
С УЧЕТОМ СИЛ ТРЕНИЯ**

В.Т. ФИЛИЧЕВ, А.В. ГЛАЗУНОВ

(Ивановский государственный энергетический университет)

В процессе производства и обработки ткани транспортирование ее рабочими органами машин осуществляется, как правило, по роликам, установленным в подшипниках и обеспечивающим изменение направления движения материала.

Совокупность направляющих роликов и транспортируемого материала образует зону обработки последнего, математическая модель которой рассматривается в общем случае [1], как линейная многомассовая упругая система без учета сил трения материала о поверхность роликов.

Однако в условиях естественных вариаций скорости транспортирования ткани, действующих на нее сосредоточенных и распределенных технологических возмущений [2], силы сцепления ткани с поверхностью роликов могут изменяться в широких пределах, что неблагоприятно сказывается на работе системы автоматического регулирования натяжения полотна.

Для анализа усилий, действующих в зоне обработки ткани при ее транспортировании, рассмотрим упрощенную технологическую схему, включающую ведущую 2 и ведомую 1 валковые пары, а также направляющий ролик 3 (рис.1).

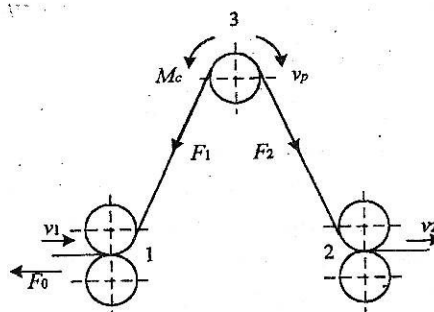


Рис. 1

При заданном на рис.1 направлении транспортирования ткани, начальном входном натяжении F_0 , а также натяжениях F_1 и F_2 на участках зоны транспортирования, определяемых соответственно скоростями v_1 и v_2 валковых пар, линейная скорость v_p направляющего ролика зависит от момента сопротивления его вращению M_c и силы трения материала о поверхность ролика.

С целью упрощения анализа запишем дифференциальные уравнения для натяжений F_1 и F_2 и скорости ролика v_p без учета технологических возмущений [2] в виде:

$$\ell_1 \frac{dF_1}{dt} = E(v_p - v_1) + v_p F_0 - v_1 F_1, \quad (1)$$

$$\ell_2 \frac{dF_2}{dt} = E(v_2 - v_p) + v_2 F_1 - v_p F_2, \quad (2)$$

$$\frac{J}{R_p} \frac{dv_p}{dt} = (F_2 - F_1)R_p - M_c. \quad (3)$$

Здесь l_1, l_2 – длины полотна между валковыми парами 1, 2 и направляющим роликом, m ; E – модуль упругости ткани, приведенный к ее ширине, H ; J – момент инерции направляющего ролика, $кг \cdot м^2$; R_p – радиус направляющего ролика, $м$.

На основе дифференциальных уравнений (1...3) на рис. 2 представлен направленный граф зоны с учетом усилий, действующих на направляющий ролик.

Здесь v – средняя скорость транспортирования ткани; $T_1 = \frac{l_1}{v}$, $T_2 = \frac{l_2}{v}$ – постоянные времени участков ткани, $с$; $k_v = \frac{1}{v}$.

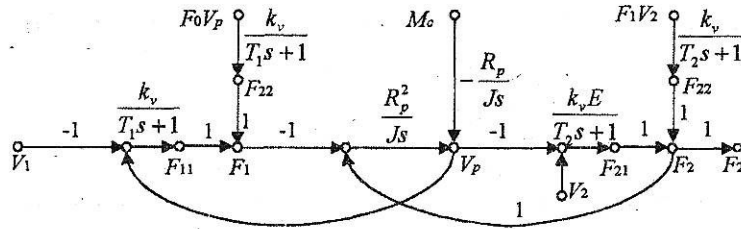


Рис.2

Анализ переходных процессов деформации полотна в зоне транспортирования выполнен методом математического моделирования на базе программно-методического комплекса МИК-АЛ в соответствии с направленным графом (рис.2) и алгоритмом расчета (рис.3).

Здесь учет нелинейных свойств ткани, обусловленных возможностью передачи ею только растягивающих усилий ($F_1 > 0$, $F_2 > 0$), обеспечивается блоками 1, 2.

Расчет натяжения F_2 ткани на сбегающей с направляющего ролика ветви ткани выполняется одним из двух способов, который определяет логический блок 3, анализирующий разность между моментом трения $M_{тр} = (F_1 + F_2)fR_p$ ткани о поверхность ролика и моментом сопротивления его вращению M_c .

Здесь f – коэффициент трения ткани о поверхность ролика; 4, 5 – блоки умножения; 6, 7 – ключи, управляемые сигналами логического блока 3.

При $M_{тр} > M_c$ значение F_2 определяется суммой составляющих F_{21} и F_{22} , в противном случае с соответствии с законом Эйлера натяжение

$$F_2 = F_2'' = F_1 e^{\alpha f},$$

где α – угол охвата ролика тканью, $рад$.

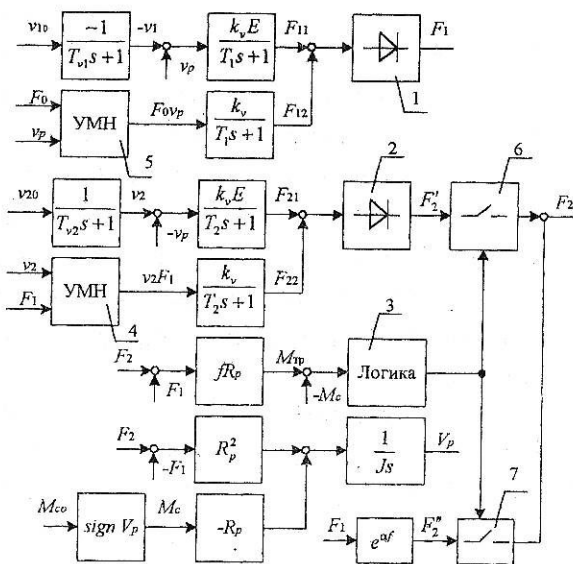


Рис. 3

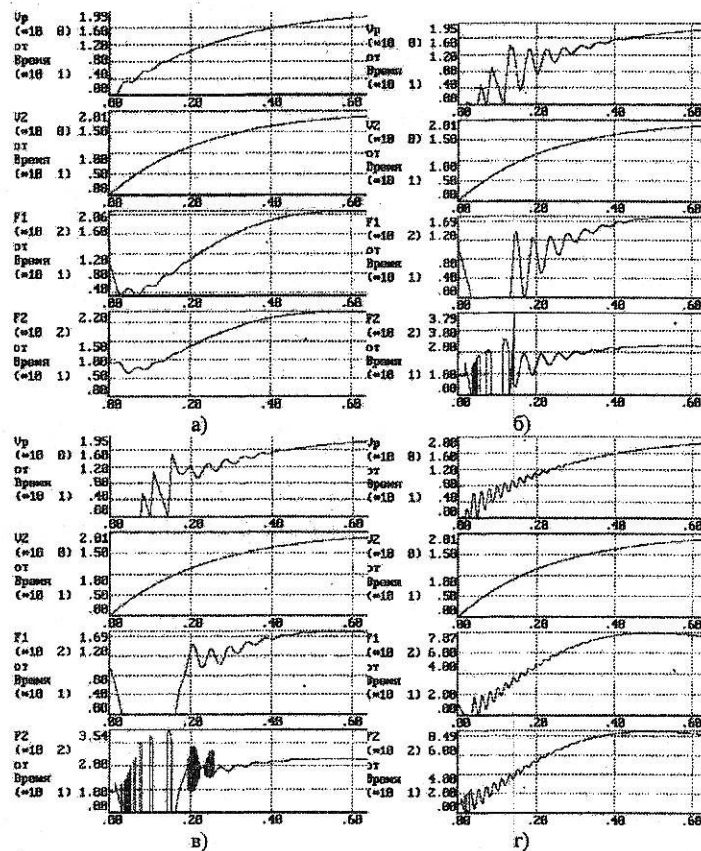


Рис. 4

На рис.4 приведены расчетные кривые изменения скорости v_2 ведущей роликовой пары, а также натяжений F_1 и F_2 и скорости ролика v_p при согласованном разгоне валковых пар, осуществляемом по экспоненциальному закону.

На рис.4-а представлены расчетные кривые переходного процесса при начальном натяжении полотна $F_0=100$ Н; скорости транспортирования $v=2$ м/с; модуле упругости ткани $E=2 \cdot 10^3$ Н; коэффициенте трения полотна о поверхность ролика $f=0,35$ и моменте сопротивления вращению ролика $M_c=1$ Н·м. При плавном нарастании скорости v_2 выходной валковой пары ролик отстает в своем движении на время, обусловленное изменением соотношения между разностью натяжений F_2-F_1 и величиной действующих на ролик сил трения.

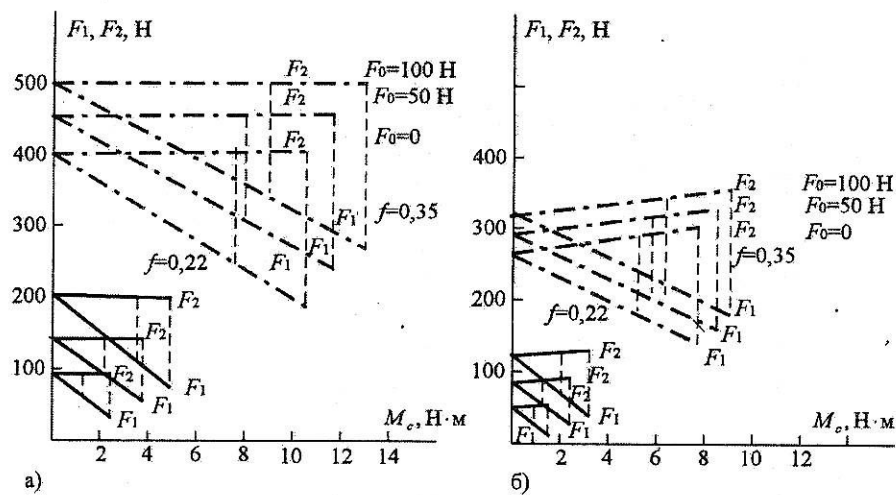
Увеличение момента M_c трения (до 3 Н·м на рис.4-б) резко изменяет картину переходных процессов деформации ткани в зоне транспортирования. При этом наблюдается периодическое проскальзы-

вание ткани по поверхности ролика, сопровождающееся резкими скачками натяжения F_2 при недопустимом ослаблении натяжения F_1 и колебательности скорости v_p ролика.

Уменьшение коэффициента f трения (до 0,22 на рис.4-в) увеличивает время запаздывания скорости v_p ролика, приводит к расширению зоны колебаний натяжения F_2 при недопустимом ослаблении натяжения F_1 .

Увеличение модуля упругости E до 10^4 при $f=0,35$ (рис.4-г) значительно уменьшает амплитуду и длительность колебаний натяжений F_1 и F_2 и скорости v_p ролика при минимальном интервале недопустимого ослабления натяжения F_1 .

Обработка результатов анализа серии расчетных кривых переходных процессов позволила построить зависимости установившихся значений F_1 и F_2 от момента сопротивления M_c его вращению, а также значений натяжений, при которых начинается эффект заклинивания ролика.



Зависимости $F_1=f(M_c)$ и $F_2=f(M_c)$: а) $v=2$ м/с, $k_v=0,5$, б) $v=1,5$ м/с, $k_v=0,67$;
 - - - - $E = 10^4$ Н ; ——— $E = 2 \cdot 10^3$ Н.

Рис.5

На рис.5 приведены зависимости $F_1=f(M_c)$ и $F_2=f(M_c)$. Абсолютные значения натяжений ткани возрастают с ростом скорости v ее транспортирования, модуля упругости E и начального натяжения F_0 полотна. При увеличении момента сопротивления M_c вращению ролика (трение в подшипниках, качество сборки и смазки) натяжение F_2 остается практически неизменным, а натяжение F_1 резко уменьшается.

При некотором значении M_c , большем, чем момент трения $M_{тр}$ ткани о ролик, за счет которого он и приводится во вращение, наступает эффект заклинивания ролика. Эта величина момента сопротивления зависит от абсолютных значений натяжений F_1 и F_2 , параметров ролика и коэффициента f трения ткани о ролик. Начало эффекта заклинивания для рассмотренных случаев показано вертикальной пунктирной линией.

Математическое моделирование выполнялось для зоны транспортирования со следующими параметрами: $R_p=0,05$ м;

$J_p=0,05$ кг·м²; $l_1=l_2=1$ м; $T_1=T_2=0,5$ с; $\alpha=\pi$;
 $T_{v1}=3$ с; $T_{v2}=2,4$ с.

ВЫВОДЫ

Разработана математическая модель роликовой зоны транспортирования ткани, позволяющая учитывать трение полотна о поверхность ролика в динамическом режиме работы и ориентированная на использование ее при анализе систем управления параметрами обрабатываемого полотна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быстров А.М. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1974, № 6. С.98...100.
2. Быстров А.М., Глазунов В.Ф., Суханов В.Ф. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1975, № 6. С. 113...115.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации. Поступила 25.11.02.