

УДК 677.024:62-83

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАТЯЖЕНИЯ НИТИ  
В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ПЕРЕМАТЫВАНИЯ  
ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫМ МОТАЛЬНЫМ БАРАБАНЧИКОМ**

*В.Ф. ГЛАЗУНОВ, П.В. ВИЛКОВ, В.Ф. СИДЯКИН*

(Ивановский государственный энергетический университет)

С целью исследования натяжения нити при ее перематывании на патрон электрифицированным мотальным барабанчиком, например, из центрифуги прядильного модуля, на разработанном экспериментальном стенде [1] непосредственно у нитераскладчика был установлен датчик натяжения в виде петлеобразователя с упругим элементом, а также датчик угла поворота рамы с патроном, построенный на основе сельсина СБМТЗ-1.

основным элементом является измерительный ролик 1, охватываемый нитью 2. Положение ролика зависит от разности скоростей  $v_1$  и  $v_2$  движения нити на нитенаправителях 6, а также приведенной к измерительному ролику массы подвижных частей  $m_p$  петлеобразователя, модуля упругости  $E$  нити и коэффициента жесткости  $C_{II}$  упругого элемента 3. Здесь же показаны мотальный барабанчик 5, насаженный на внешний ротор асинхронного двигателя [1] и раскладывающий нить вдоль оси бобины, и сельсин 4, который используется в качестве электромагнитного датчика положения измерительного ролика.

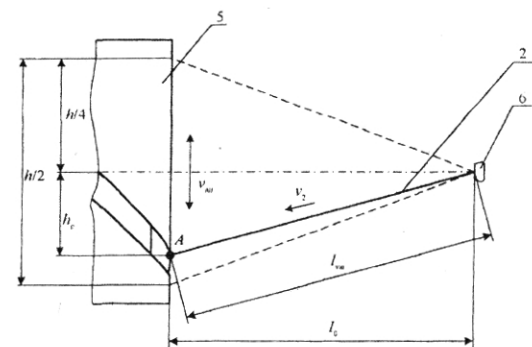
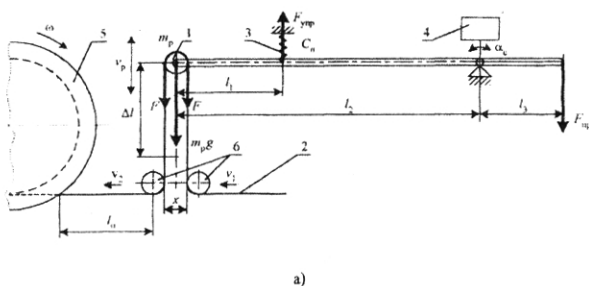
В процессе перематки под действием натяжения нити изменяется угол  $\alpha_c$  поворота ротора сельсина 4, что позволяет судить о натяжении нити при ее перематке, а также контролировать его с помощью осциллографа. Расстояние от нитенаправителей 6 датчика натяжения до поверхности барабанчика 5 можно изменять, изменяя соответственно натяжение нити.

Линеаризованная система дифференциальных уравнений петлеобразователя с учетом упругих свойств нити, представленная в операторной форме, имеет вид [2], [3]:

$$v_1 \varepsilon \left( \frac{\ell}{v_1} s + 1 \right) = (v_2 - v_1 + v_2 \varepsilon_0 \pm k_r v_p);$$

$$F = E \varepsilon; \tag{1}$$

$$k_r F - C_{II} \Delta \ell - G = m_p s^2 \Delta \ell,$$



а)

б)

Рис. 1

Петлеобразователь в виде кинематической схемы представлен на рис. 1-а, где

где  $v_p$  – скорость линейного перемещения ролика, м/с;  $\Delta l$  – отклонение измерительного ролика от начального положения, м;  $l$  – длина нити в зоне деформации, м;  $F$  – натяжение нити, Н;  $E$  – модуль упругости нити, приведенный к площади ее поперечного сечения, Н;  $G$  – приведенный к измерительному ролику вес неуравновешенной части датчика, Н;  $C_{п}$  – приведенный к ролику коэффициент жесткости пружины, Н/м;  $\varepsilon_0$  и  $\varepsilon$  – соответственно входное и текущее значения относительного удлинения нити;  $k_r$  – постоянный коэффициент, учитывающий геометрию охвата нитью ролика, определяемый соотношением [2]:

$$k_r = \frac{2 \Delta l}{\sqrt{(\Delta l)^2 + \left(\frac{x}{2}\right)^2}}. \quad (2)$$

Для петлеобразователя, представленного на рис. 1-а,  $k_r = 2$ .

Наматывание нити происходит в результате взаимодействия боковой поверхности паковки с вращающимся с угловой скоростью  $\omega$  мотальным барабанчиком (рис. 1-б). По ширине паковки нить 1 распределяется благодаря возвратно-поступательному перемещению со скоростью  $v_{вп}$  образующей мотального барабанчика 3, расположенной непосредственно на нем в виде винтовой канавки. При этом нить наматывается на паковку под некоторым углом, образуя крестовую намотку.

Скорость перематывания нити  $v_2$  на мотальных механизмах крестовой намотки определяется в соответствии с [4], м/с:

$$v_2 = \sqrt{v_{оп}^2 + v_{вп}^2} = \sqrt{(\omega k_c R_6)^2 + \left(\frac{h \omega}{2\pi}\right)^2}, \quad (3)$$

где  $v_{оп} = k_c v_{об}$  – окружная скорость вращения паковки [4], м/с;  $k_c$  – коэффициент скольжения бобины на барабанчике (для цилиндрической бобины  $k_c \approx 0,95$  [5]);  $v_{об} = R_6 \omega$  – окружная скорость вращения мотального барабанчика, м/с;  $v_{вп} = \frac{\omega h}{2\pi}$  –

относительная скорость движения раскладки нити вдоль паковки, м/с;  $R_6$  и  $h$  – соответственно внешний радиус и шаг винтовой канавки мотального барабанчика, м.

При вращении двигателя нитераскладчик совершает колебания и расстояние  $l_{var}$  между точкой расклада нити А и нитенаправителем 2 изменяется (рис. 1-б), соответственно изменяется натяжение нити и ее относительное удлинение  $\varepsilon_{var}$ :

$$\varepsilon_{var} = \frac{l_{var} - l_0}{l_0}, \quad (4)$$

где  $l_{var} = \sqrt{l_0^2 + h_p^2}$ ;  $h_p$  – расстояние от середины мотального барабанчика до точки расклада нити, м.

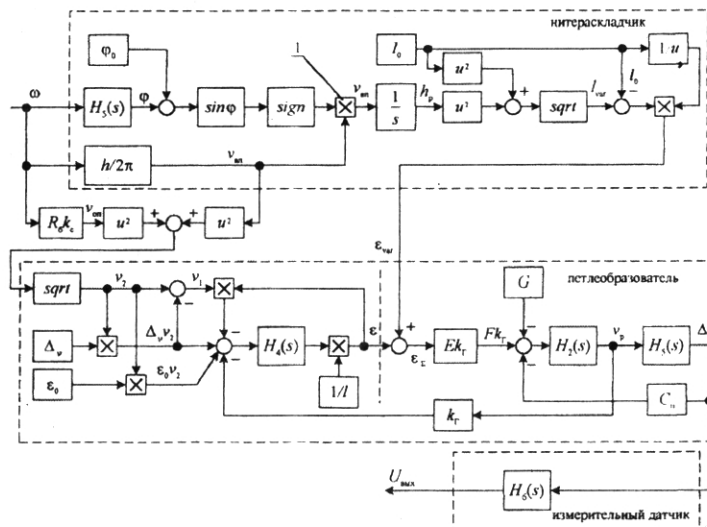


Рис. 2

В соответствии с (1...4) на рис. 2 изображена математическая модель перематывающего механизма и датчика натяжения, построенная без учета вязких свойств нити и ее массы.

На вход модели подается угловая частота вращения  $\omega$  мотального барабанчика, насаженного на внешний ротор асинхронного двигателя [1], математическая модель которого на рис. 2 не показана.

Модель петлеобразователя представлена на передаточными функциями, полученными из (1):

$$H_1(s) = \frac{\varepsilon(s)}{\Delta v(s)} = \frac{1/v_1}{\frac{\ell}{v_1}s + 1}, \quad (5)$$

$$H_2(s) = \frac{v_p(s)}{F(s)} = \frac{1}{m_p s}, \quad (6)$$

$$H_3(s) = \frac{\Delta \ell(s)}{v_p(s)} = \frac{1}{s}, \quad (7)$$

где  $\Delta v(s) = (v_2 - v_1 + v_2 \varepsilon_0 \pm k_r v_p)(s) = (\Delta_v v_2 + v_2 \varepsilon_0 \pm k_r v_p)(s)$ ;  $\Delta_v = (v_2 - v_1)/v_2$  – относительная разность между скоростями  $v_1$  и  $v_2$  вследствие действия трения нити в направляющих устройствах и о ролик петлеобразователя;  $F(s) = (k_r E \varepsilon - C_{II} \Delta \ell - G)(s)$ ;  $\ell = 2 \Delta \ell$  – длина нити в петлеобразователе.

Вследствие того, что отношение  $\ell/v_1$  во время пуска и работы мотального механизма не постоянно, передаточная функция  $H_1(s)$  на рис. 2 показана в виде интегратора с передаточной функцией  $H_4(s) = 1/s$ , охваченного отрицательной обратной связью.

Скорость раскладки нити  $v_{вп}$  через каждую половину оборота мотального барабанчика изменяет свой знак на противоположный. Соответственно в модели ните-раскладчика это учитывается с помощью блока умножения 1, а также блоков  $H_5(s) = 1/s$  (определяется угловое положение ротора сельсина),  $\sin \varphi$  и  $\text{sign}$  (определяется синус угла и знак угла поворота сельсина).

Суммарное относительное удлинение  $\varepsilon_{\Sigma}(s)$  получаем сложением переменной составляющей  $\varepsilon_{var}(s)$  с постоянной  $\varepsilon(s)$ .

Измерительный датчик представлен следующей передаточной функцией:

$$H_6(s) = \frac{U_{вых}(s)}{\Delta \ell(s)} = \frac{k \sin \alpha_c}{T_{\phi} s + 1}, \quad (8)$$

где  $U_{вых}$  – напряжение на выходе сельсина, В;  $k$  – коэффициент, определяемый параметрами сельсина [2], [6];  $\alpha_c$  – угол поворота сельсина, рад;  $T_{\phi}$  – постоянная времени фильтра, с.

Моделирование процесса перематки проводили при следующих параметрах механизма перематки:  $k = 13,5$ ;  $T_{\phi} = 0,0225$  с;  $C_{II} = 25,01$  Н/м;  $G = 0,032$  Н;  $m_p = 0,0033$  кг;  $\varepsilon_0 = 0,01$ ;  $\Delta_v = 0,001$ ;  $\Delta \ell = 50$  мм;  $l_1 = 27,8$  мм;  $l_2 = 80,1$  мм;  $l_3 = 21,8$  мм (рис.1-а);  $R_6 = 0,0425$  м и  $h = 0,08$  м [1]. В процессе моделирования были приняты два значения  $l_0 = 0,1$ ;  $0,25$  м.

На рис. 3 представлены временные зависимости скорости раскладки нити вдоль паковки  $v_{вп}(t)$  (а); расстояния точки раскладки нити от центра мотального барабанчика  $h_p(t)$  (б); переменной составляющей относительного удлинения  $\varepsilon_{var}(t)$  для  $l_0 = 0,1$  м (в) и  $l_0 = 0,25$  м (г); постоянной составляющей относительного удлинения  $\varepsilon(t)$  для  $l_0 = 0,1$  м (д) и  $l_0 = 0,25$  м (е); суммарного относительного удлинения  $\varepsilon_{\Sigma}(t)$  для  $l_0 = 0,1$  м (ж) и  $l_0 = 0,25$  м (з), полученные при разгоне мотального барабанчика.

Анализ полученных зависимостей позволяет установить существенное влияние на натяжение нити составляющей, обусловленной процессом ее раскладки (рис. 3-в, г), в значительной степени зависящей от расстояния  $l_0$  в зоне ее деформации. Так, при уменьшении этого расстояния в 2,5 раза натяжение возрастает в 4 раза. При этом в процессе перематывания нити ее натяжение в период разгона мотального барабанчика может недопустимо ослабляться (рис. 3-д), причем тем больше, чем меньше  $l_0$ .

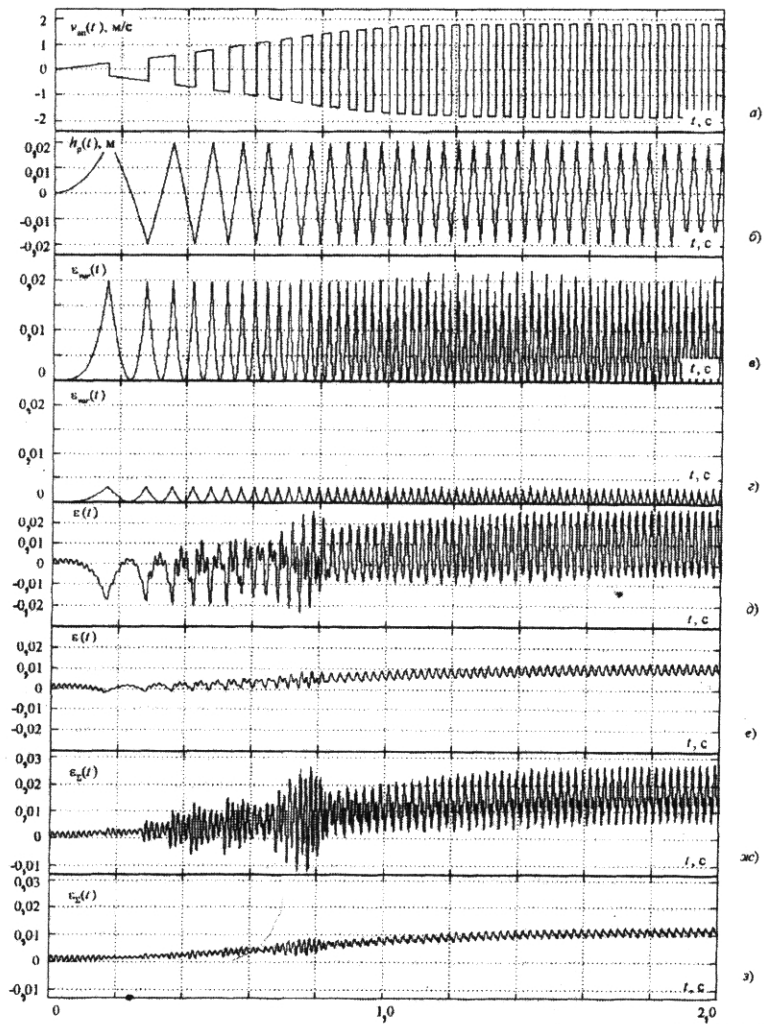


Рис. 3

Несмотря на то, что представленная выше математическая модель перематывающего механизма является детерминированной и не учитывает действующие случайные возмущения, обусловленные силами трения, имеют место значительные нелинейные пульсации натяжения нити, особенно в процессе пуска механизма.

Сопоставление процессов разгона, полученных моделированием на ЭВМ, с результатами эксперимента, выполнено на

экспериментальном стенде [1] с параметрами механизма и датчика, представленными выше. Нить при этом перематывалась хлопчатобумажная толщиной 80 текс. Переходный процесс натяжения нити регистрировался цифровым запоминающим осциллографом С9-8, с помощью которого необходимые данные о натяжении нити вводились в ЭВМ.

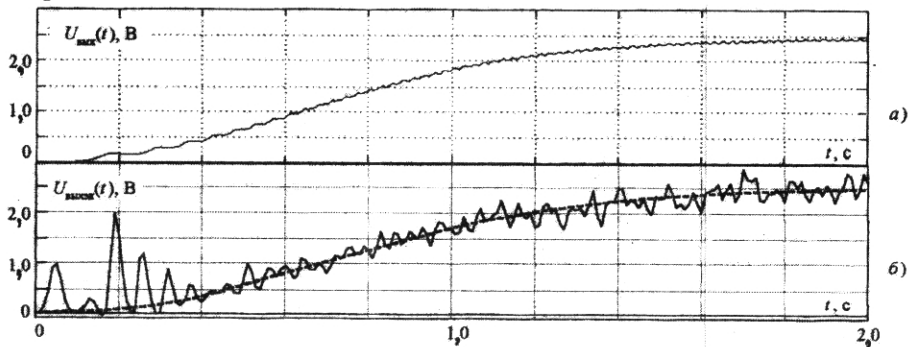


Рис. 4

Графики переходных процессов натяжения при пуске изображены на рис. 4. Здесь  $U_{\text{вых}}(t)$  – выходное напряжение сельсина (а), полученное в результате моделирования;  $U_{\text{вых.эк}}(t)$  – напряжение сельсина (б), полученное в ходе эксперимента.

Графики свидетельствуют о достаточно хорошем совпадении средних значений переменных. Эксперимент при этом показывает наличие значительных бросков натяжения в начальный период разгона вследствие трения нити о поверхность паковки, с которой перематывается нить в связи с отсутствием в этот период баллона, образуемого нитью в нормальном режиме работы.

Использование в качестве привода мотального барабанчика асинхронного двигателя с внешним ротором позволяет регулировать скорость намотки при разгоне и таким образом формировать необходимое натяжение нити в период разгона механизма.

## ВЫВОДЫ

1. В процессе перематывания нити на паковку электрифицированным мотальным

барабанчиком установлена зависимость ее натяжения от длины в зоне деформации.

2. Выявлено, что в начальный период разгона мотального барабанчика имеет место неконтролируемое возрастание натяжения нити, обусловленное силами ее трения о поверхность сматываемой паковки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Глазунов В.Ф. и др. // Технология текстильной промышленности. – 2001, №3. С.91...95.

2. Глазунов В.Ф., Литвинский А.Н., Куленко М.С. Инженерные расчеты взаимосвязанных электроприводов текстильных машин. – Иваново, ИГЭУ, 1999.

3. Быстров А.М., Глазунов В.Ф. Многодвигательные автоматизированные электроприводы поточных линий текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1977.

4. Задерий Г.Н. Основные технологические процессы в прядении. – Л.: ЛГУ, 1987.

5. Труевцев Н.И., Труевцев Н.Н., Гензер М.С. Технология и оборудование текстильного производства. – М.: Легкая индустрия, 1975.

6. Забродин Ю.С. Промышленная электроника. – М.: Высшая школа, 1982.

Рекомендована кафедрой электропривода и автоматизации промышленных установок. Поступила 07.02.02.