

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНТАКТА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО РОЛИКА С ПОВЕРХНОСТЬЮ СНОВАЛЬНОГО ВАЛА

### ENSURING CONTACT OF THE MEASURING ROLLER WITH THE SURFACE OF THE WARPING SHAFT

Н.А. КУЛИДА, А.В. КРУГЛОВ  
N.A. KULIDA, A.V. KRUGLOV

(Ивановский государственный политехнический университет. Текстильный институт)  
(Ivanovo State Polytechnical University. Textile Institute)  
E-mail: info@igta.ru

*Рассмотрено взаимодействие ролика измерителя кинематических параметров партионного снования с поверхностью паковки. Установлены условия силового замыкания для намотки с эксцентричным расположением сновального вала и с поперечным сечением в форме эллипса.*

*Interaction of a roller of the measuring instrument of kinematic parameters of partitionny dashing about with a forging surface is considered. Conditions of power short circuit for winding with an excentric arrangement of a warping shaft and with cross section in the form of an ellipse are established.*

**Ключевые слова:** измерительный ролик, сновальный вал, условия взаимодействия, эксцентричное расположение, нарушение контакта.

**Keywords:** measuring roller, warping shaft, terms of cooperation, the eccentric winding, breach of contact.

Для измерения длины нитей, наматываемых на вал партионной сновальной машины, используется устройство, основу которого составляет ролик или колесо, располагаемые на поверхности сновального вала и фрикционно взаимодействующие с намоткой. В некоторых случаях для измерения длины в стационарном режиме работы машины в качестве измерительного элемента используется укатывающий вал, связанный с соответствующим преобразователем [1]. По сравнению с измерением длины с помощью мерильного вала [2...4] машины указанный способ имеет более высокую точность, поэтому является предпочтительным. Аналогичную конструкцию имеет измеритель кинематических параметров (радиуса, толщины намотки, линейной скорости, длины нитей в слое и т.д.) для послыйного контроля характеристик напряженно-деформированного состояния паковки [5...7].

При определенных условиях из-за отличия формы паковки от цилиндрической нарушается контакт ролика (колеса) с поверхностью паковки и в результате возрастает погрешность измерения длины нитей или кинематических параметров. Определим условия, при которых это возможно.

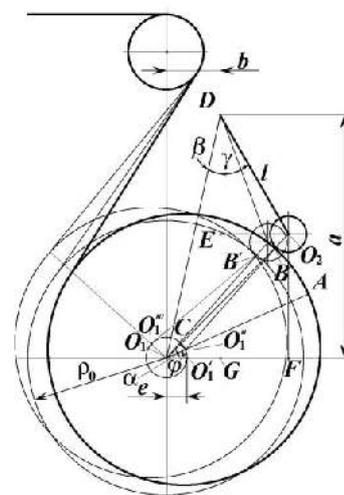


Рис. 1

При намотке с эксцентриситетом центр вращения  $O_1$  смещен от оси паковки на величину  $e$  (рис. 1). Поскольку ролик располагается в области, достаточно небольшой по протяженности в направлении аппликаты  $z$ , изменениями координаты  $r$  по  $z$  можно пренебречь и рассматривать задачу на плоскости. При повороте сновального вала на угол  $\phi$  центр паковки  $O_1$ , занимая вследствие эксцентриситета  $e$  положение  $O'_1$ , переместится в точку  $O''_1$ . Угол  $\alpha$ , определяющий положение измерительного ролика  $O_2$ , зависит от длины коромысла  $DO_2$  (рис. 1) и положения точки  $D$  его закрепления. Обозначим расстояния этой точки от горизонтальной и вертикальной осевых линий соответственно через  $a$  и  $b$ ,

а длину коромысла  $DO_2 = \ell$ . Тогда из треугольника  $DEO_2$ :

$$DE = \ell \cos \gamma,$$

а из треугольника  $O_1O_2F$ :

$$a - DE / O_1B + r_k = \sin \alpha,$$

где  $r_k$  – радиус измерительного ролика. Принимая во внимание

$$O_1B = r(\phi, e) = e \cos(\alpha - \phi) + \sqrt{\rho_0^2 - e^2 \sin^2(\alpha - \phi)}$$

и учитывая, что  $DE = \ell \cos \gamma$ , получим:

$$\sin \alpha = (a - \ell \cos \gamma) \left( e \cos(\alpha - \phi) + \sqrt{\rho_0^2 - e^2 \sin^2(\alpha - \phi)} + r_k \right)^{-1}. \quad (1)$$

Из треугольника  $DO_2O_1$  по теореме ко-

синусов можно определить:

$$\cos(\beta + \gamma) = \left[ a^2 + b^2 + \ell^2 - \left( e \cos(\alpha - \phi) + \sqrt{\rho_0^2 - e^2 \sin^2(\alpha - \phi)} + r_k \right)^2 \right] \left( 2\ell \sqrt{a^2 + b^2} \right)^{-1}. \quad (2)$$

Поскольку  $DO_1^2 = a^2 + b^2$ ,  $DO_2^2 = \ell^2$  из треугольника  $DGO_1$  находим:

$$\cos \beta = a \left( \sqrt{a^2 + b^2} \right)^{-1}. \quad (3)$$

Объединяя (1) и (2) в систему уравне-

ний, получим

$$\left. \begin{aligned} (a - \ell \cos \gamma) \left( e \cos(\alpha - \phi) + \sqrt{\rho_0^2 - e^2 \sin^2(\alpha - \phi)} + r_k \right)^{-1} - \sin \alpha &= 0, \\ \left[ a^2 + b^2 + \ell^2 - \left( e \cos(\alpha - \phi) + \sqrt{\rho_0^2 - e^2 \sin^2(\alpha - \phi)} + r_k \right)^2 \right] \left[ 2\ell \sqrt{a^2 + b^2} \right]^{-1} - \cos(\beta + \gamma) &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

которая при заданном угле поворота  $\phi$  однозначно определяет углы  $\alpha$  и  $\gamma$ .

Если пренебречь изменениями угла  $\alpha$

при качании коромысла ввиду их малости, то из второго уравнения системы (4) можно найти:

$$\gamma(\phi) = \arccos \frac{a^2 + b^2 + \ell^2 - \left[ e \cos(\alpha - \phi) + \sqrt{\rho_0^2 - e^2 \sin^2(\alpha - \phi)} + r_k \right]^2}{2\ell \sqrt{a^2 + b^2}} - \beta. \quad (5)$$

При вращении сновального вала с угловой скоростью  $\omega(t) = d\phi(t)/dt$  инерцион-

ная сила, действующая на измерительный ролик  $O_2$ , равна  $J\ddot{\gamma}(t)$ , где  $J$  – момент инер-

ции коромысла  $DO_2$  с роликом  $O_2$ . Для ее вычисления найдем вторую производную от угла поворота коромысла  $\ddot{\gamma}(t)$ . Поскольку

функция  $\gamma(t)$  является сложной, то есть  $\gamma(t) = f[\phi(t)]$ , то [8]:

$$d^2\gamma(t)/dt^2 = \left( \frac{d^2f(\phi)}{d\phi^2} \right) \left( \frac{d\phi(t)}{dt} \right)^2 + \left( \frac{df(\phi)}{d\phi} \right) \left( \frac{d^2\phi(t)}{dt^2} \right). \quad (6)$$

Угловая скорость сновальной машины в стационарном режиме ее работы при постоянной линейной скорости снования с ростом диаметра паковки уменьшается, однако в пределах одного оборота считаем ее постоянной, то есть  $\omega(t) = \omega_0$  и

$$\phi(t) = \omega_0 t, \quad \text{отсюда} \quad \frac{d\phi(t)}{dt} = \omega_0, \\ \frac{d^2\phi(t)}{dt^2} = 0.$$

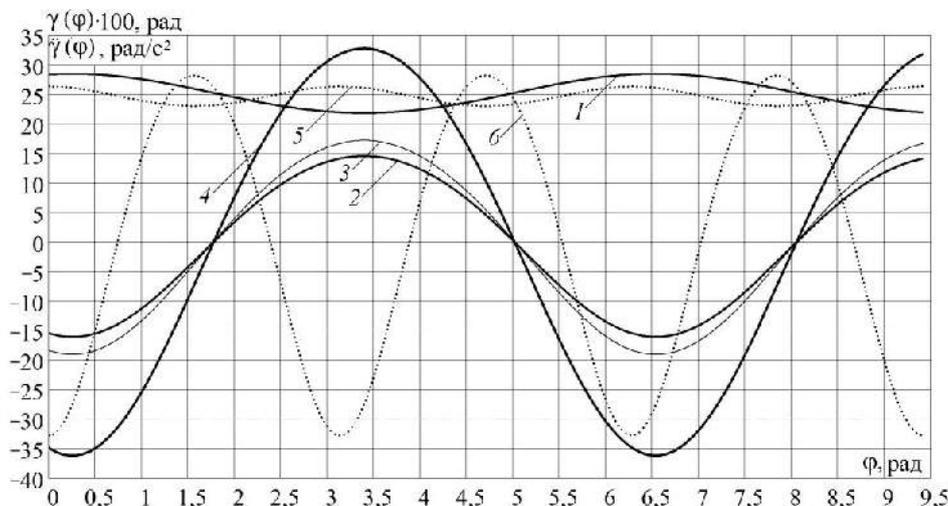


Рис. 2

Вычисление производных и построение соответствующих кривых выполнено в MathCAD [9]. На рис. 2 показаны зависимости  $\gamma(\phi)$  (кривая 1) и  $\ddot{\gamma}(t)$  (кривые 2, 3 и 4) при  $\omega(t) = \omega_0$  и заданном радиусе намотки. С ростом радиуса величина ускорения в точке отрыва ролика от поверхности паковки изменяется незначительно (кривая 2 при радиусе 0,31 м, кривая 3 – 0,14 м), основное влияние на величину ускорения оказывает угловая скорость. С ее ростом  $\ddot{\gamma}(t)$  увеличивается пропорционально квадрату угловой скорости (кривая 4 при увеличении скорости снования с 400 до 600 м/мин, рис. 2).

Аналогично могут быть определены кинематические характеристики коромысла при других формах паковки.

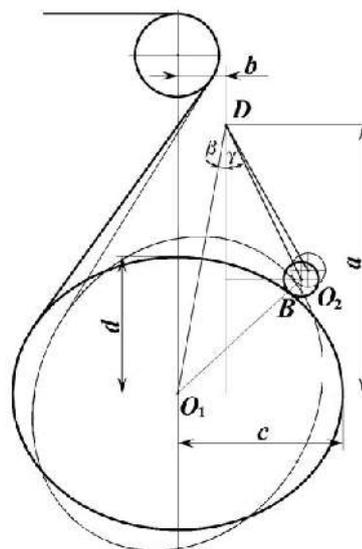


Рис. 3

Например, если в поперечном сечении паковка имеет форму эллипса (рис. 3),

длину отрезка, соединяющего центры  $O_1$  и  $O_2$ , в первом приближении можно определить как  $O_1O_2 = O_1B + r_k$ , где  $O_1B = r(\phi) =$

$= cd(c^2 \sin^2 \phi + d^2 \cos^2 \phi)^{-0.5}$  [6];  $c$  и  $d$  – полуоси эллипса. Тогда по аналогии с предыдущим:

$$\gamma(\phi) = \arccos \frac{a^2 + b^2 + \ell^2 - \left[ cd(c^2 \sin^2 \phi + d^2 \cos^2 \phi)^{-0.5} + r_k \right]^2}{2\ell\sqrt{a^2 + b^2}} - \beta.$$

На рис. 2 приведены зависимости  $\gamma(\phi)$  (кривая 5) и  $\dot{\gamma}(\phi)$  (кривая 6) для рассматриваемого случая намотки, из которых следует, что в сравнении с намоткой с эксцентриситетом частота колебаний измерительного элемента увеличивается в 2 раза, а при разнице полуосей, составляющей 5 % от их среднего арифметического значения, и таком же значении эксцентриситета, вычисленном относительно текущего радиуса намотки, значение ускорения возрастает почти в 2 раза, то есть более неблагоприятные условия взаимодействия наблюдаются с паковкой в форме эллипса.



а) б)  
Рис. 4

Конструкция измерителя кинематических параметров включает в себя коромысло, выполненное в виде швеллера (рис. 4-а) или трубы (рис. 4-б), на конце которых в первом случае закреплен энкодер с двумя колесами (рис. 4-а), во втором – счетчик с одним колесом (рис. 4-б).

При определении момента инерции  $J$  такой конструкции можно воспользоваться

справочной литературой [10] или использовать экспериментальные методы определения момента инерции тел [11].

Для обеспечения силового замыкания инерционная сила, равная  $J\ddot{\gamma}(t)$ , должна быть скомпенсирована силой упругости пружины, то есть  $J\ddot{\gamma}(t) \leq M_n(\gamma) \pm M_G(\gamma)$ , где  $M_n(\gamma)$  – момент, создаваемый пружиной,  $M_G(\gamma)$  – момент силы тяжести механизма, зависящий от радиуса намотки. При конструктивном исполнении, показанном на рис. 4, в начале намотки момент  $M_G(\gamma)$  принимается со знаком “–”, далее по мере роста радиуса паковки знак изменяется на “+”.

Величина  $M_n(\gamma)$  рассчитывается при максимальном значении ускорения. С ростом диаметра намотки величина компенсирующего момента возрастает из-за увеличения угла закручивания пружины, поэтому в зоне расположения колеса возможно локальное уплотнение тела намотки, что отрицательно сказывается на качестве паковки. Это означает, что величина затяжки пружины должна быть оптимальной, не вызывающей изменения структуры паковки.

Нарушение контакта ролика с поверхностью паковки обуславливает погрешность измерения как длины нитей, так и толщины намотки. В эксперименте, проведенном с использованием микропроцессорной системы [5], зафиксированы случаи нарушения контакта измерительных колес энкодера с поверхностью сновального вала (рис. 4-а), при котором результат измерения текущего радиуса намотки оказывался меньше предыдущего, что потребовало увеличения затяжки пружины измерительного элемента.

Фрикционное взаимодействие измерительных колес с телом паковки с учетом его

упруговязких свойств представляет интерес с точки зрения оценки возможности возникновения колебаний и их влияния на точность измерения длины нитей и других кинематических параметров. Эта задача является самостоятельной и здесь не рассматривается.

## ВЫВОДЫ

1. При взаимодействии измерительного ролика (колеса) со сновальным валом возможно нарушение контакта и, как следствие, дополнительная погрешность измерения кинематических параметров процесса снования.

2. Величина углового ускорения измерительного элемента, обуславливающая нарушение контакта ролика (колеса) с поверхностью сновального вала, пропорциональна квадрату его угловой скорости и определяется отклонениями расположения паковки относительно оси вращения и ее формы от цилиндрической. Более неблагоприятные условия взаимодействия из рассмотренных наблюдаются при намотке паковки с формой поперечного сечения в виде эллипса.

3. Определено условие силового замыкания ролика (колеса) и паковки для обеспечения безотрывного режима взаимодействия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.benningergroup.com>
2. *Корягин Е.П.* Анализ погрешности измерения длины снующихся нитей в режиме останова сно-

вальной машины СП-140 // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. –2008, № 2. С.51...55.

3. *Кулида Н.А., Гусев Б.Н.* Оценка погрешности измерения длины нитей на сновальной машине в динамических режимах. (Начало) // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. –1996, № 1. С. 41...44.

4. *Кулида Н.А., Гусев Б.Н.* Оценка погрешности измерения длины нитей на сновальной машине в динамических режимах. (Окончание) // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. –1996, № 3. С. 35...38.

5. *Кутьин А.Ю., Кутьин Ю.К.* Необходимые и достаточные условия для формирования намотки с постоянной плотностью в партионном сновании // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. –2005, № 1. С. 49...53.

6. *Кулида Н.А., Демидов Н.А.* Повышение точности косвенных измерений кинематических параметров намотки пряжи на партионной сновальной машине // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. –2012, № 1. С. 157...160.

7. *Демидов Н.А.* Микропроцессорная система контроля кинематических параметров партионного снования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – № 4, 2012. С. 159...161.

8. *Корн Г., Корн Т.* Справочник по математике (для научных работников и инженеров). – М.: Наука, 1973. С.111.

9. *Макаров Е.Г.* Инженерные расчеты в Machcad. – СПб.: Питер, 2005.

10. *Фаворин М.М.* Моменты инерции тел. Справочник / Под ред. М.М. Гернета. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977.

11. *Гернет М.М.* Определение моментов инерции. – М.: Машиностроение, 1969.

Рекомендована кафедрой автоматизации и радиоэлектроники. Поступила 15.04.14.