

О ВЛИЯНИИ КОНСТРУКТИВНЫХ И КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОТАЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ НА СТРУКТУРУ НАМОТКИ И РАВНОВЕСНОСТЬ ВИТКОВ

THE INFLUENCE OF CONSTRUCTION AND KINEMATIC PARAMETERS OF THE WINDING MECHANISMS ON THE WINDING STRUCTURE AND EQUILIBRIUM OF THE LOOPS

А.И. ПАНИН, Л.Я. СУХОТЕРИН, И.В. РЫБАУЛИНА, А.А. КАЛМЫКОВ
A.I. PANIN, L.YA. SUKHOTERIN, I.V. RYBAULINA, A.A. KALMYKOV

(Дмитровградский инженерно-технологический институт – филиал
Научно-исследовательского ядерного университета "МИФИ",
Московский государственный университет дизайна и технологии)
(Dimitrovgrad Institute of Industrial Engineering Branch National research nuclear university "MEPhI",
Moscow State University of Design and Technology)
E-mail: Panin79@yandex.ru

Область применения текстильных мотальных паковок во многом зависит от характера расположения витков нити на их поверхности, на который влияют угол скрещивания витков, расстояние от нитеводителя до точки входа нити в паковку, профиль паза кулачка нитеводителя. Кроме того существенное влияние на структуру намотки мотальных паковок оказывают конструктивные особенности мотальных механизмов, поэтому исследование влияния конструктивных параметров мотальных механизмов на структуру намотки является актуальным.

The area of application of textile winding bobbins depends largely on the nature of the location of the thread turns on their surface, which is influenced by crossing angle turns, the distance from the thread take-up thread's entry point into a package, the profile of the cam groove thread guide. In addition a significant impact on the structure of winding bobbins have design features winding mechanisms, so study the influence of design parameters on the structure of winding mechanisms are relevant.

Ключевые слова: текстильная мотальная паковка, мотальные механизмы, структура намотки, нитеводитель.

Keywords: textile package winder packing, winding mechanisms, the structure of winding thread guide.

Многообразие мотальных механизмов, применяемых для формирования текстильных паковок, предназначенных для высокоскоростного сматывания с них нитей, затрудняет их выбор при определении оптимальных структур намотки. Так, мотальные машины и автоматы фрикционного типа "Савио" (Италия), "Мурата" (Япония), "Аутосук" (Чехия), М-2 (Россия) и т.д. оснащены мотальными барабанчиками с прорезной канавкой для раскладки нити, совершенно разных форм и типоразмеров,

конструктивные особенности которых существенно влияют на расположение нити на паковках, а следовательно, и на структуру их намотки.

Из исследований [1] известно, что кроме величины передаточного отношения между веретеном и кулачком нитеводителя на характер расположения витков нити на поверхности мотальных паковок оказывают существенное влияние и такие факторы, как:

- угол скрещивания витков β ;
- величина свободного отрезка нити "с" – расстояние от нитеводителя до точки входа нити в паковку (от точки раскладки до точки наматывания);
- профиль паза кулачка нитеводителя.

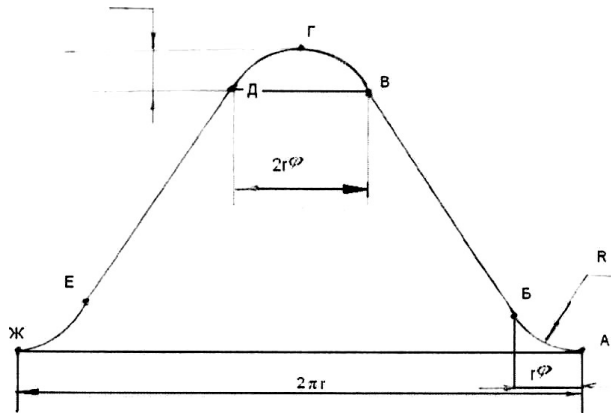


Рис. 1

Кроме того, раскладка нити на современных крестомотальных машинах, оснащенных водковыми нитераскладчиками (БП-340-0, "Foster" – США и т.д.), осуществляется с помощью одновинтовых или многовинтовых кулачков - раскладчиков, профиль паза которых представляет собой винтовую линию с переходными участками, выполненными по радиусу r .

На рис. 1 показана развертка кулачка раскладчика нити мотальной машины "Foster".

Очевидно, что конструктивные особенности данных мотальных механизмов также существенно влияют на структуру намотки мотальных паковок.

Характер расположения нитей на паковках можно определить, в данном случае, следующим образом.

Развертывая поверхность паковки на плоскость и проводя ось OX через точку входа нити в паковку M по ее образующей, а ось OY – перпендикулярно оси OX через крайнее левое положение нитеводителя, исследуем процесс раскладки нити, показанный на рис. 2, где H_n – размах нитеводителя, H – длина паковки, $A = C \operatorname{tg} \beta_0 / 2$.

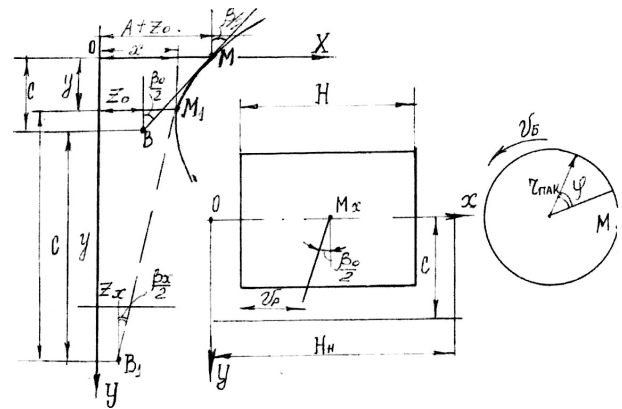


Рис. 2

В данном случае нить участвует в движении по двум направлениям: вдоль оси OX с возвратно-поступательной скоростью раскладчика v_p , равной действительной скорости нитеводителя, и вдоль оси OY с окружной скоростью мотальной паковки (бобины) v_b , равной обратной по знаку окружной скорости паковки.

Для исследования характера расположения витков нити на паковке в данном случае предположим, что при движении нитеводителя влево он приходит в точку B профиля паза кулачка раскладчика, а нить занимает положение точки M . После поворота паковки на угол φ точка входа нити в паковку переместится в положение M_1 с абсциссой x и ординатой $y = r_{\text{пак}} \cdot \varphi$, где $r_{\text{пак}}$ – текущий радиус намотки мотальной паковки.

При этом нитеводитель в своем относительном движении переместится в точку B_1 с ординатой $c + y$ и абсциссой z_x (рис. 2).

Предположим, что расстояние между точкой входа нити в паковку и глазком нитеводителя равно $(BM; B_1M_1)$, измеренное вдоль оси OY постоянно за время хода нитеводителя и равно "с", а прямая B_1M_1 является касательной к получаемой кривой, характеризующей положение витка нити на паковке.

Тогда получим следующее дифференциальное уравнение движения нити:

$$-\frac{dx}{dy} = -\operatorname{tg} \frac{\beta_x}{2} = \frac{x - Z_x}{c}, \quad (1)$$

или

$$\frac{dx}{dy} + \frac{x}{c} - \frac{Z_x}{c} = 0, \quad (2)$$

где Z_x – закон перемещения нитеводителя.

Это линейное дифференциальное уравнение имеет следующее решение:

$$x = e^{-\frac{y}{c}} \left(\int \frac{Z_x}{c} e^{\frac{y}{c}} dy + D \right), \quad (3)$$

где D – постоянная интегрирования.

Таким образом, зная закон перемещения нитеводителя $Z_x = \varphi(y)$, можно

$$x_{\text{ВГ}} = \text{artg} Q_k c + \frac{R}{2} \text{tg} Q_k \sin Q_k - \left(\text{artg} Q_k + \frac{a^2 r^2 c}{R \cos Q_k} \right) y + \frac{a^2 r^2}{2R \cos Q_k} - \frac{a^2 r^2 c^2}{R \cos Q_k} \left(e^{-\frac{y}{c}} - 1 \right), \quad (4)$$

$$x_{\text{ГД}} = \frac{a^2 r^2}{2A \cos Q_k} y^2 - \frac{a^2 r^2 c}{R \cos Q_k} y + \frac{a^2 r^2 c^2}{R \cos Q_k} \left(1 - e^{-\frac{R \sin Q_k}{\text{arc}} \frac{y}{c}} \right), \quad (5)$$

При $0 \leq y \leq \frac{R \sin Q_k}{\text{ar}}$;

$$x_{\text{ДЕ}} = \frac{R}{2} \text{tg} Q_k \sin Q_k - \text{artg} Q_{(c-y)} + \frac{a^2 r^2 c^2}{R \cos Q_k} \left(1 - e^{-\frac{R \sin Q_k}{\text{arc}} \frac{y}{c}} \right) e^{-\frac{y}{c}} \quad (6)$$

при $0 \leq y \leq \left(\frac{\pi}{a} + \frac{2R \sin Q_k}{\text{ar}} \right)$,

где $a = \frac{\omega_k}{v_b}$ – коэффициент, характеризующий номинальный угол раскладки нити на паковке; ω_k – приведенная угловая скорость кулачка нитеводителя.

В случае многовинтового кулачка:

$$\omega_k = \frac{\omega_{\text{мн}}}{i}, \quad (7)$$

где $\omega_{\text{мн}}$ – угловая частота вращения многовинтового кулачка нитераскладчика; i –

найти кривую расположения нити на паковке.

Также установлено, что в случае применения кулачков-раскладчиков, имеющих переходные участки профиля – паза, очерченные по радиусам, расположение нити на паковках описывается тремя уравнениями, так как законы изменения Z_x различны для участков ВГ; ГД и ДЕ развертки паза кулачка раскладчика нити (рис. 1):

число витков на поверхности кулачка нитераскладчика; r – приведенный радиус средней линии профиля паза кулачка нитераскладчика; Q_k – угол подъема профиля паза кулачка нитераскладчика; R – радиус закругления винтовой линии профиля паза кулачка нитеводителя.

Первые производные по y от выведенных уравнений дают законы изменения углов раскладки нити на поверхности паковки при движении нитеводителя по переходным кривым паза кулачка - раскладчика:

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_{\text{ВГ}}}{2} = \operatorname{tg} \frac{\beta_0}{2} + \frac{a^2 r^2}{R \cos Q_k} y + \frac{a^2 r^2 c^2}{R \cos Q_k} \left(e^{-\frac{y}{c}} - 1 \right), \quad (8)$$

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_{\text{ГД}}}{2} = \frac{a^2 r^2}{R \cos Q_k} y + \frac{a^2 r^2 c^2}{R \cos Q_k} \left(e^{-\frac{R \cos Q_k - y}{\operatorname{arc} c}} - 1 \right), \quad (9)$$

$$\operatorname{tg} \frac{\beta_{\text{ДЕ}}}{2} = \operatorname{tg} \frac{\beta_0}{2} - \frac{a^2 r^2 c^2}{R \cos Q_k} \left(1 - e^{-\frac{-2R \sin Q_k}{\operatorname{arc} c}} \right) e^{-\frac{y}{c}}, \quad (10)$$

где $\operatorname{tg} \frac{\beta_0}{2} = \operatorname{artg} Q_k = \frac{v_{\text{по}}}{v_{\text{б}}}$; (11)

$v_{\text{по}}$ – скорость нитеводителя на прямолинейных участках (БД и ДЕ) профиля паза кулачка нитеводителя.

Вторые производные позволяют проследить за изменением угла геодезического отклонения при наматывании нитей на паковку и тем самым судить о равновесности витков и устойчивости к рассыпанию паковки:

$$\operatorname{tg} Q_{\text{ВГ}} = r_{\text{пак}} \cos \frac{\beta_{\text{ВГ}}}{2} \frac{d^2 x_{\text{ВГ}}}{dy^2}, \quad (12)$$

$$\operatorname{tg} Q_{\text{ГД}} = r_{\text{пак}} \cos \frac{\beta_{\text{ГД}}}{2} \frac{d^2 x_{\text{ГД}}}{dy^2}, \quad (13)$$

$$\operatorname{tg} Q_{\text{ДЕ}} = r_{\text{пак}} \cos \frac{\beta_{\text{ДЕ}}}{2} \frac{d^2 x_{\text{ДЕ}}}{dy^2}, \quad (14)$$

где $r_{\text{пак}}$ – текущий радиус намотки паковки.

На прямолинейных участках $\operatorname{tg} \frac{\beta_{\text{ДЕ}}}{2} = \operatorname{tg} \frac{\beta_0}{2}$, а угол геодезического отклонения становится равным нулю,

($\operatorname{tg} Q = 0$). Несложно убедиться, что это теоретически произойдет в том случае, когда $y_0 = \infty$.

Практически же с увеличением y угол $\beta/2$ быстро растет и приближается к $\beta_0/2$.

Считая, что это произойдет, когда $\operatorname{tg} \frac{\beta_{\text{ДЕ}}}{2}$ отличается от $\operatorname{tg} \frac{\beta_0}{2}$ не более чем на 0,1%, найдем:

$$0,999 \operatorname{artg} Q_k = \operatorname{artg} Q_k - \frac{a^2 r^2 c}{R \cos Q_k} \left(1 - e^{-\frac{-2R \sin Q_k}{\operatorname{arc} c}} \right) e^{-\frac{y}{c}},$$

$$0,001 = \frac{\operatorname{arc}}{R \sin Q_k} \left(1 - e^{-\frac{-2R \sin Q_k}{\operatorname{arc} c}} \right) e^{-\frac{y_0}{c}},$$

$$y_0 = 6,9c + c \ln \frac{\operatorname{arc}}{R \sin Q_k} \left(1 - e^{-\frac{-2R \sin Q_k}{\operatorname{arc} c}} \right). \quad (15)$$

Рассмотрим расположение нити на паковке при различных значениях $\beta_0/2$, R и c , показанные на рис. 3-а, б и в соответственно, а также изменение угла раскладки нити β и угла геодезического отклонения нити Q во время реверса нитеводителя (рис. 4), определяемого по вышеизложенной методике.

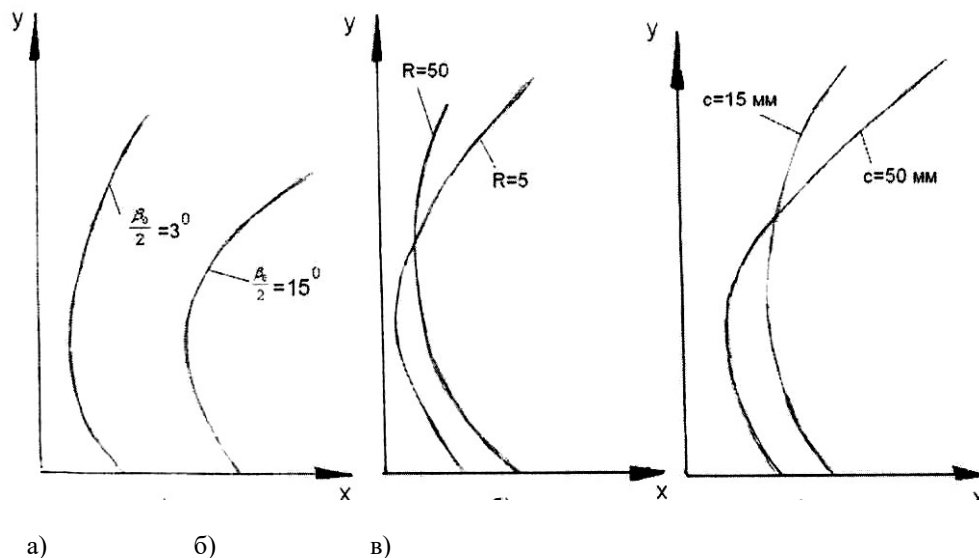


Рис. 3

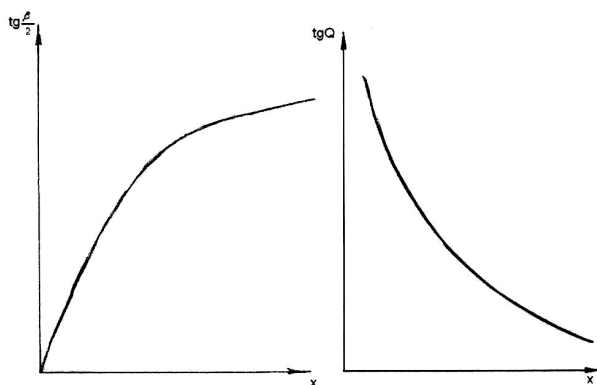


Рис. 4

ВЫВОДЫ

1. Расположение нитей на паковках при переходе нитеводителя к "метровому" положению и удалению от него различно, поэтому форма переходного участка витка несимметрична относительно образующей паковки, проведенной через крайнюю торцевую точку витка.

2. Чем больше номинальный угол раскладки $\beta_0/2$ и чем больше "с", то при всех прочих равных условиях размеры получаемых паковок меньше по длине и больше абсцисса x_0 , то есть больше участок паковки, на котором наматывание ведется при углах геодезического отклонения, не равных нулю.

3. Чем больше $\beta_0/2$, тем больше угол

Q_{\max} и тем равновеснее намотка мотальных паковок.

4. Чем меньше радиус закругления профиля кулачка нитеводителя R , тем больше угол геодезического отклонения Q_{\max} достигаемы в процессе наматывания.

5. При различных значениях R абсцисса x_0 практически сохраняет постоянное значение. Это обстоятельство говорит о том, что конструируя наматывающие механизмы, не следует выбирать очень малые радиусы закругления винтовой линии паза кулачка нитеводителя (3; 5; 10 мм), что часто имеет место на практике, а можно ограничиваться размерами в 30...40 мм. Последнее обстоятельство позволяет уменьшить динамические нагрузки на механизм раскладки нити и формировать равновесные паковки больших размеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панин И.Н. Разработка и исследование структур текстильных паковок специального назначения: Дис... докт. техн. наук. – М.: МТИ им. А.Н. Косыгина, 1996.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 05.06.13.