

УДК 677.052.782

**ВЫБОР ВИДА И ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ КРАЙНЕГО ВИТКА
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПАКОВОК
С ПЛОСКИМИ ТОРЦАМИ**

А.В. КОНОВАЛОВ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

При проектировании наматывающих устройств, формирующих цилиндрические паковки с плоскими торцами, большинство проектировщиков основное внимание уделяет совершенствованию конструкции паза

кулачка раскладки на участках реверса без учета вида и параметров крайнего витка. В результате формируются несимметричные и зачастую неравновесные крайние витки.

При разработке новой конструкции наматывающего устройства проектирование замкнутого паза кулачка раскладки должно осуществляться с учетом заданной формы и структуры основного участка паковки, а также с учетом вида и параметров крайнего витка.

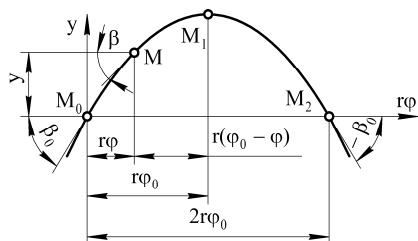


Рис. 1

На рис. 1 представлена схема расположения крайнего витка на круглом цилиндре. Крайний виток $M_0M_1M_2$ высотой H_1 сопрягает противоположно направленные пространственные спирали из нити, расположенные на основной длине H_0 формируемой паковки, а точнее – отрезок наматанной на конец тела намотки нити, угол раскладки β которого плавно изменяется от $+\beta_0$ до $-\beta_0$.

При выборе вида и параметров крайнего витка необходимо выполнить три условия: все точки этого витка должны находиться в устойчивом равновесии; основные его размеры должны иметь минимально допустимые значения; в точках сопряжения M_0 и M_2 крайнего витка с винтовыми спиралями ускорение точки наматывания M должно равняться нулю.

Рассмотрим несколько видов кривых, по которым можно навивать крайние витки.

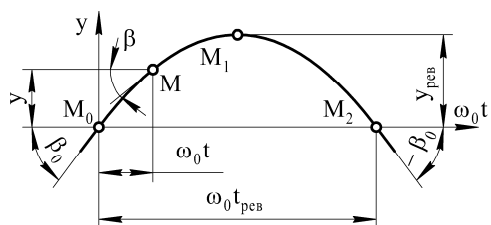


Рис. 2

На рис. 2 представлена схема расположения крайнего витка по цилиндрической

параболе. В этом случае точка наматывания M во время реверса должна перемещаться вдоль оси вращения тела намотки по закону

$$y = a\omega^2 r^2 (t_{\text{рев}} - t) t$$

со скоростью

$$\dot{y} = a\omega^2 r^2 (t_{\text{рев}} - 2t)$$

и ускорением

$$\ddot{y} = -2a\omega^2 r^2 = \text{const},$$

где a – параметр параболы; ω и r – угловая скорость и радиус тела намотки; $t_{\text{рев}}$ – время навивания крайнего витка; $0 \leq t \leq t_{\text{рев}}$.

Тангенс угла раскладки β у крайнего витка в этом случае будет равен

$$\text{tg}\beta = \frac{\dot{y}}{\omega r} = a\omega r (t_{\text{рев}} - 2t).$$

При $t = 0$ (в точке сопряжения M_0 винтовой спирали с параболой):

$$\text{tg}\beta = \text{tg}\beta_0 = a\omega r t_{\text{рев}},$$

откуда находим искомый параметр параболы:

$$a = \text{tg}\beta_0 / (\omega r t_{\text{рев}}),$$

а затем уравнения для определения кинематических параметров точки наматывания:

$$y = \frac{\omega r \text{tg}\beta_0}{t_{\text{рев}}} (t_{\text{рев}} t - t^2),$$

$$\dot{y} = \frac{\omega r \text{tg}\beta_0}{t_{\text{рев}}} (t_{\text{рев}} - 2t),$$

$$\ddot{y} = -\frac{2\omega r \text{tg}\beta_0}{t_{\text{рев}}} = \text{const}.$$

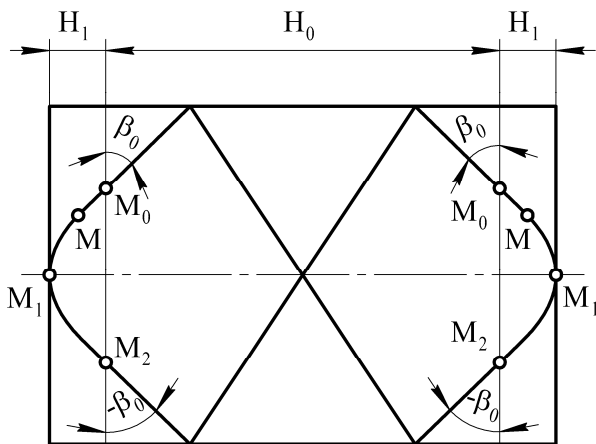


Рис. 3

На рис. 3 представлена схема расположения крайнего витка по предельной цилиндрической цепной линии. В данном случае точка наматывания M должна перемещаться вдоль оси вращения тела намотки по закону

$$y = \frac{r}{f} \left(\frac{1}{\cos \beta_0} - \frac{1}{\cos \beta} \right) = \frac{r}{f} [\operatorname{ch}(f\varphi_0) - \operatorname{ch}f(\varphi_0 - \varphi)] = \frac{r}{f} \left[\frac{e^{f\varphi_0} + e^{-f\varphi_0} - e^{f(\varphi_0 - \varphi)} - e^{-f(\varphi_0 - \varphi)}}{2} \right]$$

со скоростью

$$\dot{y} = r\omega \operatorname{sh}[f(\varphi_0 - \varphi)] = \frac{r\omega}{2} [e^{f(\varphi_0 - \varphi)} - e^{-f(\varphi_0 - \varphi)}]$$

и ускорением

$$\ddot{y} = -\omega^2 r f \operatorname{ch}[f(\varphi_0 - \varphi)] = -\frac{\omega^2 r f}{2} [e^{f(\varphi_0 - \varphi)} + e^{-f(\varphi_0 - \varphi)}],$$

где f – коэффициент трения между витком и шероховатой поверхностью тела намотки; $0 \leq \varphi \leq \varphi_0$; φ – угловая координата рассматриваемой точки, принадлежащей крайнему витку; φ_0 – угловая координата точки M_1 крайнего витка; причем

$$\varphi_0 = \frac{1}{f} \ln \frac{1 + \sin \beta_0}{\cos \beta_0}.$$

Угол раскладки β у крайнего витка

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\dot{y}}{\omega r} = \operatorname{sh}[f(\varphi_0 - \varphi)].$$

Исследование полученных выше зависимостей показало: если кривые, используемые для сопряжения противоположно направленных винтовых спиралей, не имеют точек перегиба, то в точках сопряжения M_0 и M_2 этих кривых с винтовыми спиральями скорость и ускорение точки наматывания M изменяются скачкообразно (мгновенно), что неприемлемо при использовании кулачковых механизмов раскладки.

Известно, что синусоидальная кривая имеет точку перегиба. Поэтому рассмотрим схему расположения крайнего витка по цилиндрической синусоиде (рис. 4).

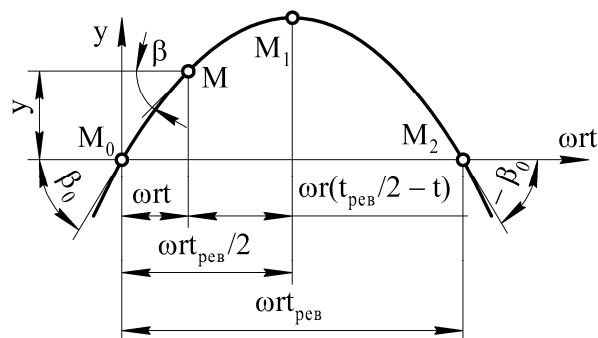


Рис. 4

В этом случае кинематические параметры точки наматывания находим по формулам:

$$y = A \sin \omega_0 t; \quad \dot{y} = A \omega_0 \cos \omega_0 t; \\ \ddot{y} = -A \omega_0^2 \sin \omega_0 t; \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{\dot{y}}{\omega r} = \frac{A \omega_0}{\omega r} \cos \omega_0 t,$$

где A – амплитуда синусоиды (высота крайнего витка); ω_0 – круговая скорость гармонического движения точки наматывания.

Известно [1], что

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{y_1 - y + b \operatorname{tg} \beta_0}{b} = \frac{A \omega_0}{\omega r} \cos \omega_0 t,$$

где b – расстояние между траекториями движения точки наматывания и точки раскладки.

Находим искомую зависимость для определения перемещения y_1 нитеводителя (точки раскладки):

$$y_1 = A \sin \omega_0 t - b \operatorname{tg} \beta_0 + \frac{A \omega_0 b}{\omega r} \cos \omega_0 t,$$

а затем находим его скорость и ускорение:

$$\begin{aligned} \dot{y}_1 &= A \omega_0 \cos \omega_0 t - \frac{A b \omega_0^2}{\omega r} \sin \omega_0 t, \\ \ddot{y}_1 &= -A \omega_0^2 \sin \omega_0 t - \frac{A b \omega_0^3}{\omega r} \cos \omega_0 t. \end{aligned}$$

В точке сопряжения M_0 (когда $t = 0$) имеем

$$y = 0; \dot{y} = A \omega_0 = v \sin \beta_0 = \text{const}; \ddot{y} = 0.$$

В конце реверса точки наматывания M (когда $t = t_{\text{рев}}$) $\omega_0 t_{\text{рев}} = \pi$, откуда находим круговую скорость ω_0 гармонического движения:

$$\omega_0 = \pi / t_{\text{рев}},$$

а затем – амплитуду A синусоиды:

$$A = y_{\text{рев}} = \frac{v t_{\text{рев}} \sin \beta_0}{\pi}$$

и расчетные зависимости:

$$\begin{aligned} y &= \frac{v t_{\text{рев}} \sin \beta_0}{\pi} \sin \left(\frac{\pi t}{t_{\text{рев}}} \right), \\ \dot{y} &= v \sin \beta_0 \cos \left(\frac{\pi t}{t_{\text{рев}}} \right), \\ \operatorname{tg} \beta &= \frac{\dot{y}}{\omega r} = \operatorname{tg} \beta_0 \cos \left(\frac{\pi t}{t_{\text{рев}}} \right), \\ y_1 &= \frac{v t_{\text{рев}} \sin \beta_0}{\pi} \sin \left(\frac{\pi t}{t_{\text{рев}}} \right) - \left[1 - \cos \left(\frac{\pi t}{t_{\text{рев}}} \right) \right] b \operatorname{tg} \beta_0, \\ \dot{y}_1 &= v \sin \beta_0 \cos \left(\frac{\pi t}{t_{\text{рев}}} \right) - \frac{\pi b \operatorname{tg} \beta_0}{t_{\text{рев}}} \sin \left(\frac{\pi t}{t_{\text{рев}}} \right), \end{aligned}$$

$$\ddot{y} = -\frac{\pi v \sin \beta_0}{t_{\text{рев}}} \sin \left(\frac{\pi t}{t_{\text{рев}}} \right) - \frac{\pi^2 b \operatorname{tg} \beta_0}{t_{\text{рев}}^2} \cos \left(\frac{\pi t}{t_{\text{рев}}} \right).$$

В точке сопряжения M_0 (когда $t = 0$) имеем:

$$\begin{aligned} y &= y_1 = 0; \dot{y} = \dot{y}_1 = v \sin \beta_0 = \text{const}; \\ \ddot{y} &= 0; \ddot{y}_1 = -\frac{b \omega^2 r^2}{\operatorname{tg} \beta_0}, \end{aligned}$$

где v – скорость наматывания.

При $t = t_{\text{рев}}$ (в точке M_2):

$$\dot{y} = \dot{y}_1 = -v \sin \beta_0 = \text{const}; \ddot{y} = 0.$$

Результаты аналитических исследований показали, что крайний виток, навитый по цилиндрической синусоиде, имеет в точках сопряжения M_0 и M_2 нулевое ускорение, что благоприятно влияет на равновесность этого витка и на динамику механизма раскладки.

ВЫВОДЫ

1. При разработке новой конструкции наматывающего устройства проектирование замкнутого паза кулачка раскладки должно осуществляться с учетом заданной формы и структуры основного участка H_0 паковки, а также с учетом вида и параметров крайнего витка высотой H_1 .

2. Из рассмотренных видов кривых крайнего витка предпочтение следует отдать цилиндрической синусоиде, так как в этом случае в точках сопряжения кривой витка ускорение равно нулю, что благоприятно влияет на равновесность этого витка и на динамику механизма раскладки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прошков А.Ф. // Механизмы раскладки нити. – М.: Легпромбытиздат, 1968.

Рекомендована кафедрой проектирования машин для производства химических волокон и красильно-отделочного оборудования. Поступила 01.12.06.