

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КУЛАЧКОВ РАСКЛАДКИ

А.Ф.ПРОШКОВ

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

Цилиндрические кулачки раскладки применяют на высокоскоростных формовочных, крутильных, мотальных, перемоточных и текстурирующих текстильных машинах, формирующих цилиндрические паковки с плоскими и коническими концами. Качество формируемых паковок, энергозатраты, виброактивность и срок службы наматывающих устройств зависят в основном от конструктивных параметров кулачка раскладки.

На одних машинах кулачок сообщает возвратные движения нитеводителю, на других – непосредственно нити.

В первом случае винтовые пазы кулачка противоположных направлений сопрягают на участках реверса преимущественно дугами окружностей. На рис. 1-а изображена развертка одношагового цилиндрического кулачка по среднему радиусу  $r$  (рис. 1: 1 – нитепроводительная штанга; 2 – палец; 3 – ролик; 4 – лодочка; 5 – кулачок раскладки; 6 – каретка). Средняя линия ABCDEFA паза состоит из дуг FAB, CDE радиуса  $\rho$  и прямых BC и EF с углом наклона  $\alpha$ .

В этом случае нитепроводительная штанга 1 с жестко закрепленным на ней пальцем 2, размещенным в пазу кулачка, будет двигаться по законам:

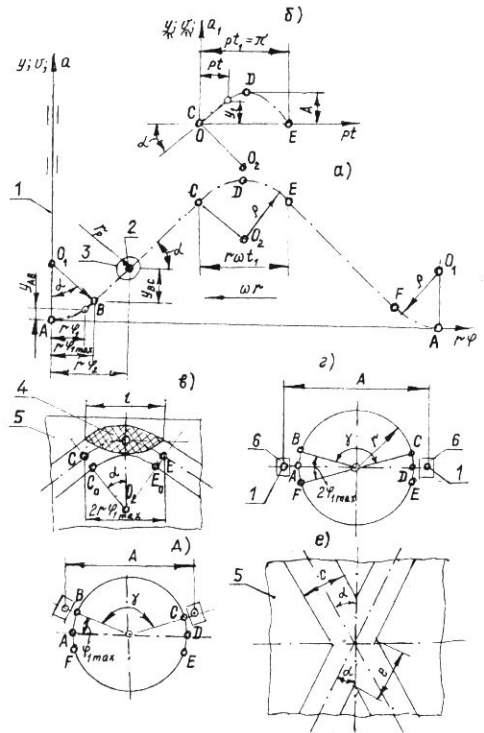


Рис. 1

при перемещении оси пальца 2 по кривой АВ:

$$y_{AB} = Q - \sqrt{Q^2 - r^2 \Phi_1^2};$$

$$v_{AB} = \frac{r^2 \omega \varphi_1}{\sqrt{\varrho^2 - r^2 \varphi_1^2}} ;$$

$$a_{AB} = \frac{r^2 \omega^2 \varrho^2}{\sqrt{(\varrho^2 - r^2 \varphi_1^2)^3}} .$$

при перемещении оси пальца по наклонной прямой BC:

$$y_{BC} = r(\varphi_2 - \varphi_{1max}) \operatorname{tg} \alpha ; \quad v_{BC} = r \omega \operatorname{tg} \alpha ;$$

$$a_{BC} = 0 ,$$

где  $\varphi_1, \varphi_2$  – угол поворота кулачка;  $0 \leq \varphi_1 \leq \varphi_{1max}$ ;  $\varphi_{1max} = \frac{\varrho \sin \alpha}{r}$ ;  $\varphi_{1max} \leq \varphi_2 \leq \pi - \varphi_{1max}$ ;  $\omega = \frac{v \sin \beta_0}{r \operatorname{tg} \alpha}$  – угловая скорость кулачка;  $v$  – продольная скорость нити (скорость наматывания).

Если время  $t_1$  реверса нитеводителя задано, то радиус дуги сопряжения участков реверса кулачка раскладки

$$\varrho = \frac{r \omega t_1}{2 \sin \alpha} .$$

При  $\varphi_1 = 0$  ускорение штанги 1:

$$a_{ABmin} = \frac{r^2 \omega^2}{\varrho} = \frac{2r \omega \sin \alpha}{t_1} ,$$

а при  $\varphi_1 = \varphi_{1max}$ :

$$a_{ABmin} = \frac{r^2 \omega^2}{\varrho \cos^3 \alpha} = \frac{2r \omega \sin \alpha}{t_1 \cos^3 \alpha} .$$

Исследование полученных зависимостей показывает, что в точках В, С и Е, F, принадлежащих соответственно наклонным прямым BC и EF, ускорение штанги равно нулю, и в тех же точках, но принадлежащих кривым FAB и CDE, ускорение штанги максимальное. Следовательно, во время реверса при прохождении оси пальца 2 через точки В, С и Е, F дважды происходит мгновенное соударение пальца с кулачком, что крайне негативно сказывается

на работе механизма раскладки.

При синусоидальном сопряжении наклонных прямых (винтовых линий) BC и EF и работе кулачка участками реверса мгновенного соударения пальца с кулачком не происходит.

На рис. 1-б изображена схема синусоидального сопряжения винтовых линий. При перемещении оси пальца 2 по кривой CDE штанга 1 будет двигаться по законам:

$$y_1 = A_1 \sin pt; \quad v_1 = A_1 p \cos pt;$$

$$a_1 = -A_1 p^2 \sin pt ,$$

где  $A_1$  – амплитуда синусоиды;  $p = \frac{\pi}{t_1}$  – круговая скорость синусоидального движения;  $t$  – время;  $0 \leq t \leq t_1$ .

$$\text{При } t = 0 \quad v_1 = \frac{\pi A_1}{t_1} = \omega r \operatorname{tg} \alpha = v \sin \beta_0 ,$$

$$A_1 = \frac{r \omega t_1 \operatorname{tg} \alpha}{\pi} = \frac{v t_1 \sin \beta_0}{\pi} .$$

Следовательно, при синусоидальном профиле участков реверса кулачка раскладки

$$y_1 = \frac{v t_1 \sin \beta_0 \sin \frac{\pi t}{t_1}}{\pi} ,$$

$$v_1 = v \sin \beta_0 \cos \frac{\pi t}{t_1} ,$$

$$a_1 = -\frac{\pi v \sin \beta_0 \sin \frac{\pi t}{t_1}}{t_1} .$$

При  $t = 0$   $a_{1min} = 0$ , а при  $t = \frac{t_1}{2}$

$$a_{1max} = -\frac{\pi v \sin \beta_0}{t_1} .$$

За время реверса  $t_1$  кулачок поворачивается на угол (рис. 1-в, г):

$$2\varphi_{1max} = \omega t_1 = \frac{v t_1 \sin \beta_0}{r \operatorname{tg} \alpha} .$$

В кулачковом механизме время реверса нитеводителя всегда больше нуля. В [1]

время реверса рекомендуется определять по формуле

$$t_1 = \frac{2b}{v \cos \beta_0},$$

где  $b$  – расстояние между точкой наматывания и траекторией движения глазка нитеводителя.

Длина перпендикуляра (рис. 1-а...в):

$$CO_2 = EO_2 = \frac{r\omega t_1}{2 \sin \alpha},$$

а радиус  $r_p$  ролика (пальца) 2 должен быть меньше  $CO_2$ :

$$r_p = \frac{r\omega t_1}{2 \sin \alpha} - r_2,$$

где  $r_2 \approx 3...5$  мм – минимально допустимое расстояние  $CO_2 = EO_2$  (радиус скругления мыска кулачка раскладки).

На двухсторонних машинах один кулачок раскладки сообщает движение двум нитеводительным штангам. Если оси пальцев 2 расположены на одном диаметре кулачка (рис. 1-г), то штанги одновременно при реверсе получают максимальные ускорения. Силы инерции штанг во время реверса действуют на кулачок в противоположных направлениях, образуя силовую пару, дополнительно нагружающую опоры кулачка. Периодическое ударное воздействие штанг на кулачок вызывает вибрацию упругих систем машины, повышает расход энергии и износ трущихся поверхностей.

Если оси пальцев 2 расположены на разных диаметрах кулачка (рис. 1-д), то во время реверса штанг их силовое воздействие на кулачок уменьшается почти в два раза.

Угол между этими диаметрами

$$\gamma = \pi - 2\varphi_{1\max} = \pi - \frac{vt_1 \sin \beta_0}{r \operatorname{tg} \alpha}.$$

Для того, чтобы снизить вредное влияние реверсивного движения нитеводительных штанг на механизм раскладки и на

всю машину, необходимо иметь осевой момент инерции массы кулачка

$$\theta \approx 25m_1 a_{1\max} r t_1 f / \omega,$$

где  $m_1$  – масса нитеводительной штанги со всеми жестко закрепленными на ней деталями;  $f$  – коэффициент трения скольжения между пальцем (роликом, ползушкой, лодочкой) и кулачком.

Кроме того кулачок раскладки должен быть статически и динамически уравновешен с высокой точностью [2].

Если на палец 2 посажен ролик, то в начале реверса штанги происходит быстрое его торможение, а в конце реверса – быстрый разгон. Угловая скорость ролика относительно оси пальца 2 перед реверсом

$$\omega_p = \frac{r\omega\eta}{r_p \cos \alpha},$$

где  $\eta = 0,97...0,98$  – коэффициент, учитывающий проскальзывание ролика при качении по винтовой поверхности паза.

При проектировании механизма раскладки целесообразнее вместо ролика предусматривать сменную ползушку (лодочку) (рис.1-в) из антифрикционного металлического или полимерного материала.

Длину лодочки следует брать максимально возможной:

$$l \approx r\omega t_1 = \frac{2r\omega b}{v \cos \beta_0}.$$

Если на каждом рабочем месте машины устанавливают индивидуальный механизм раскладки, то в качестве движителя нитеводителя (штанги, лодочки) выгоднее применять многоступенчатый цилиндрический кулачок раскладки радиусом  $r = 25...30$  мм, обеспечивающий длину раскладки  $H$  более 200 мм.

Число шагов замкнутого паза кулачка раскладки

$$K = \frac{E}{\pi r \operatorname{tg} \alpha},$$

где  $E = (1,03... 1,05)H$  – ход пальца или лодочки 2;  $H$  – длина формируемой паковки. Полученное значение  $K$  округлять до ближайшего целого числа, после чего результат угла необходимо уточнить:  $\alpha \approx 18...23^\circ$ .

При пересечении винтовых пазов противоположных направлений образуются ромбовидные перекрестки, на которых отсутствуют винтовые пазы (рис. 1-е).

Длина стороны ромбовидного перекрестка

$$e = \frac{c}{\sin 2\alpha},$$

где  $c = 4...6$  мм – ширина винтового паза.

Поскольку критическая длина лодочки

$$\ell_{кр} = \frac{2c}{\sin 2\alpha},$$

то при ее проектировании действительную длину следует брать примерно равной

$$\ell \geq \frac{3c}{\sin 2\alpha}.$$

Форма сечения лодочки зависит от профиля паза на участке реверса (рис. 1-в). Глубину винтового паза кулачка можно брать равной его ширине.

Если на двухсторонней крутильной машине расстояние между осями нитеводительных штанг  $A = 340$  мм (рис. 1-д), длина паковки  $H = 125$  мм,  $v = 150$  м/мин,  $\beta_0 = 15^\circ$ ,  $\alpha = 20^\circ$ ,  $b = 30$ ,  $r_p = 12,5$  мм,  $f = 0,2$ , то основные конструктивные параметры одношагового цилиндрического кулачка

раскладки должны быть следующими:  $E = 130$ ;  $r_0 = 112$ ;  $r = 125$ ;  $r_1 = 138$ ;  $EO_2 = CO_2 = 65$  мм;  $2\varphi_{1max} = 27^\circ$ ;  $\alpha = 19^\circ 40'$ ;  $A_1 = 5,33$  мм;  $t_1 = 0,025$  с;  $m_1 \approx 3$  кг;  $\omega = 14,2$  с<sup>-1</sup>;  $\omega_p = 148$  с<sup>-1</sup>;  $\gamma_{max} = 166^\circ 30'$ ;  $a_{1max} = -82$  м/с<sup>2</sup>;  $l \approx 45$  мм;  $\theta = 0,2$  кг·м<sup>2</sup>.

Если на перемоточной машине используется многошаговый цилиндрический кулачок раскладки из полиамида, то при  $H = 250$  мм,  $v = 20$  м/с,  $\alpha = 20^\circ$ ,  $\beta_0 = 15^\circ$ ,  $b = 30$ ,  $r_0 = 21$ ,  $r = 23$ ,  $r_1 = 25$  мм,  $m_1 \approx 50$  г получим:  $E = 258$  мм;  $K = 10$ ;  $t_1 = 0,003$  с;  $a_{1max} = -7160$  м/с<sup>2</sup>;  $\omega = 618$  с<sup>-1</sup>;  $2\varphi_{1max} = 106^\circ$ ;  $CO_2 = 62$ ;  $e = 6,22$ ;  $l = 19...40$ ;  $A_1 = 4,94$  мм;  $c = 4$  мм;  $\theta = 0,0002$  кг·м<sup>2</sup>.

## ВЫВОДЫ

Полученные аналитические зависимости и практические рекомендации позволяют спроектировать цилиндрический кулачок раскладки с оптимальными параметрами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Прошков А.Ф. Расчет и проектирование машин для производства химических нитей и волокон. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.
2. Прошков А.Ф., Яскин А.П. Динамика машин для производства химических нитей и волокон. – М.: РИО, МГТУ, 2001.

Рекомендована кафедрой проектирования машин для производства химических волокон и красильно-отделочного оборудования. Поступила 17.04.02.