

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАМАТЫВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА С ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ ХОДОМ НИТЕВОДИТЕЛЯ

А. Ф. ПРОШКОВ

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

На формовочных, перемоточных, текстирующих и других машинах широко применяют высокоскоростные наматывающие устройства с изменяющимся ходом нитеводителя в процессе формирования паковки с открытыми и закрытыми конусообразными концами [1], [2]. В первом случае ход нитеводителя вдоль оси вращения тела намотки уменьшается при увеличении его диаметра, а во втором случае – увеличивается.

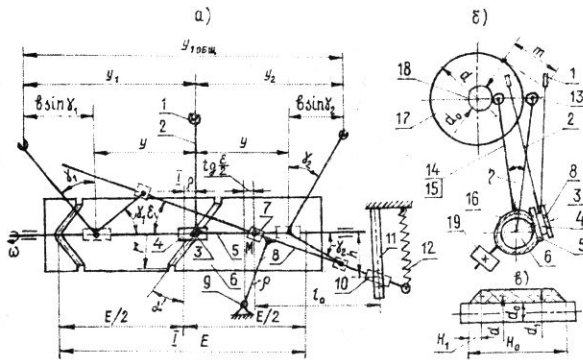


Рис. 1

Расчетная схема такого устройства изображена на рис. 1-а,б, где державка нитеводителя 1 представляет собой жесткий двуплечий рычаг 2, ось качания 3 которого закреплена на каретке 4, получающей возвратно-поступательное движение вдоль оси прямолинейной направляющей 5 от многошагового цилиндрического кулачка раскладки 6 с углом подъема α средней линии винтового паза. Продольная ось

сквозного паза направляющей 5 параллельна оси вращения кулачка 6.

На конце нижнего плеча рычага 2 шарнирно закреплена ползушка 7, перемещающаяся вдоль продольной оси кулисы 8, качающейся относительно неподвижной оси 9, жестко закрепленной на направляющей пластине 5 и удаленной от оси сквозного паза на расстояние ρ . Продольные оси сквозного паза направляющей 5 и кулисы 8 расположены в параллельных плоскостях и перекрещиваются под углом ε .

На правом конце кулисы 8 закреплён ролик 10, постоянно контактирующий с рабочим профилем неподвижного плоского кулачка 11, осуществляющего поворот кулисы 8 при увеличении диаметра d тела намотки.

Постоянный силовой контакт ролика 10 с кулачком 11 обеспечивается пружиной 12 или геометрическим замыканием. При постоянном ходе E каретки 4 и изменяющемся ходе нитеводителя 1 их кинематические параметры неодинаковые.

При $\varrho > 0$ и повороте кулисы 8 на угол ε изменяются положение точки M перекрещивания продольных осей направляющих 5 и 8 и кинематические параметры нитеводителя 1.

При движении каретки 4 влево от среднего поперечного сечения I-I тела намотки 17 нитеводитель 1 перемещается по закону

$$y_1 = y + b \sin \gamma_1 = y + \frac{b}{a} \left[(y + a) \cos \varepsilon - \sqrt{a^2 - (y + a)^2 \sin^2 \varepsilon} \right] \sin \varepsilon \quad (1)$$

со скоростью

$$\dot{y}_1 = \dot{y} \left\{ 1 + \frac{b}{a} \left[\cos \varepsilon + \frac{(y + a) \sin^2 \varepsilon}{\sqrt{a^2 - (y + a)^2 \sin^2 \varepsilon}} \right] \sin \varepsilon \right\}, \quad (2)$$

а при движении каретки 4 вправо от того же сечения I-I:

$$y_2 = y + b \sin \gamma_2 = y + \frac{b}{a} \left[(y - a) \cos \varepsilon + \sqrt{a^2 - (y - a)^2 \sin^2 \varepsilon} \right] \sin \varepsilon, \quad (3)$$

$$\dot{y}_2 = \dot{y} \left\{ 1 + \frac{b}{a} \left[\cos \varepsilon - \frac{(y - a) \sin^2 \varepsilon}{\sqrt{a^2 - (y - a)^2 \sin^2 \varepsilon}} \right] \sin \varepsilon \right\}, \quad (4)$$

где $y = \omega r t \operatorname{tg} \alpha$ – перемещение каретки 4 за время t ; $\dot{y} = \omega r \operatorname{tg} \alpha$ – скорость каретки 4 до начала реверса; ω , r и α – угловая скорость, радиус и угол подъема средней линии винтового паза кулачка раскладки 6; b – расстояние между осью 3 качания рычага 2 и нижней гранью глазка нитеводителя 1; a – расстояние между осью 3 и осью шарнира ползушки 7;

$0 \leq y \leq \left(E/2 + \operatorname{qtg} \frac{\varepsilon}{2} \right)$ – пределы изменения y при движении каретки 4 влево;

$0 \leq y \leq \left(E/2 - \operatorname{qtg} \frac{\varepsilon}{2} \right)$ – пределы изменения y при движении каретки вправо; $\operatorname{qtg} \frac{\varepsilon}{2}$ –

смещение точки М при повороте кулисы 8 на угол ε ;

$$\sin \gamma_1 = \frac{1}{a} \left[(y + a) \cos \varepsilon - \sqrt{a^2 - (y + a)^2 \sin^2 \varepsilon} \right] \sin \varepsilon; \quad (5)$$

$$\sin \gamma_2 = \frac{1}{a} \left[(y - a) \cos \varepsilon + \sqrt{a^2 - (y - a)^2 \sin^2 \varepsilon} \right] \sin \varepsilon; \quad (6)$$

γ_1 и γ_2 – угол между осевой линией направляющей 5 и нижним плечом рычага 2 при движении каретки 4 влево или вправо.

При $y = 0$ $\gamma_1 = 0$, $y_1 = 0$, а

$$\dot{y}_{1 \min} = \dot{y} \left(1 + \frac{b}{a} \operatorname{tg} \varepsilon \right). \quad (7)$$

При $y = E/2 + \operatorname{qtg} \frac{\varepsilon}{2}$

$$y_{1 \max} = E/2 + \operatorname{qtg} \frac{\varepsilon}{2} + \frac{b}{a} \left[\left(E/2 + a + \operatorname{qtg} \frac{\varepsilon}{2} \right) \cos \varepsilon - \sqrt{a^2 - \left(E/2 + a + \operatorname{qtg} \frac{\varepsilon}{2} \right)^2 \sin^2 \varepsilon} \right] \sin \varepsilon, \quad (8)$$

$$\dot{y}_{1 \max} = \dot{y} \left\{ 1 + \frac{b}{a} \left[\cos \varepsilon + \frac{\left(E/2 + a + \operatorname{qtg} \frac{\varepsilon}{2} \right) \sin^2 \varepsilon}{\sqrt{a^2 - \left(E/2 + a + \operatorname{qtg} \frac{\varepsilon}{2} \right)^2 \sin^2 \varepsilon}} \right] \sin \varepsilon \right\}. \quad (9)$$

При $y = 0$ $\gamma_2 = 0$, $y_2 = 0$, а

$$\dot{y}_{2 \max} = \dot{y} \left(1 + \frac{b}{a} \operatorname{tg} \varepsilon \right). \quad (10)$$

При $y = E/2 - \rho \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2}$

$$y_{2\max} = E/2 - \rho \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2} + \frac{b}{2} \left[\left(E/2 - a - \rho \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2} \right) \cos \varepsilon + \sqrt{a^2 - \left(E/2 - a - \rho \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2} \right)^2 \sin^2 \varepsilon} \right] \sin \varepsilon, \quad (11)$$

$$\dot{y}_{2\min} = \dot{y} \left\{ 1 + \frac{b}{a} \left[\cos \varepsilon - \frac{\left(E/2 - a - \rho \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2} \right) \sin^2 \varepsilon}{\sqrt{a^2 - \left(E/2 - a - \rho \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2} \right)^2 \sin^2 \varepsilon}} \right] \right\} \sin \varepsilon. \quad (12)$$

Ход нитеводителя 1:

$$y_{\text{общ}} = y_{1\max} + y_{2\max} = E + \frac{b}{2} \left[E \cos \varepsilon + \sqrt{a^2 - \left(E/2 - a - \rho \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2} \right)^2 \sin^2 \varepsilon} - \sqrt{a^2 - \left(E/2 + a + \rho \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2} \right)^2 \sin^2 \varepsilon} \right] \sin \varepsilon. \quad (13)$$

Исследование зависимостей (1...13) показало:

а) при $\varepsilon = 0$ $\gamma_1 = \gamma_2 = 0$, $y_1 = y_2 = y$, $\dot{y}_1 = \dot{y}_2 = \dot{y}$, то есть кинематические параметры нитеводителя 1 и каретки 4 одинаковые;

б) при $y=0$, а $\varepsilon > 0$

$$\begin{aligned} \dot{y}_{1\min} = \dot{y}_{2\max} &= \dot{y} \left(1 + \frac{b}{a} \operatorname{tg} \varepsilon \right) = \\ &= \left(1 + \frac{b}{a} \operatorname{tg} \varepsilon \right) \omega r \operatorname{tg} \alpha; \end{aligned}$$

в) при $y > 0$ и $\varepsilon > 0$ скорость \dot{y}_1 увеличивается при приближении нитеводителя 1 к левому концу тела намотки, а скорость \dot{y}_2 уменьшается при приближении нитеводителя 1 к правому концу;

г) $\dot{y}_{1\max}$ превышает $\dot{y}_{2\min}$ на 2...3%, если $\varepsilon \leq 6^\circ$;

д) при увеличении угла ε и отношения b/a ход и скорость нитеводителя 1 увеличиваются;

е) при проектировании устройства угол ε не следует брать больше 10° ;

ж) при увеличении расстояния ρ и угла ε увеличивается смещение точки М перекрещивания осей звеньев 5 и 8 в сторону правого конца тела намотки;

з) при $\rho \leq 20$ мм и $\varepsilon \leq 10^\circ$ слагаемым $\rho \operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2}$ можно пренебрегать в практических

расчетах из-за малости по сравнению с разностью $(E/2 - a)$; при $\rho = 0$ несколько усложняется конструкция устройства;

и) уравнения (1...13) имеют физический смысл при выполнении неравенства

$$a > \frac{E \sin \varepsilon}{2(1 - \sin \varepsilon)} \quad (14)$$

или

$$\varepsilon < \arcsin \frac{2a}{E - 2a}; \quad (15)$$

к) самоторможение ползушки 7 исключено при

$$\arctg f_{\max} < \arccos \left\{ \left[\left(1 + \frac{E}{2a} \right) \cos \varepsilon - \sqrt{1 - \left(1 + \frac{E}{2a} \right)^2 \sin^2 \varepsilon} \right] \sin \varepsilon \right\} - \varepsilon, \quad (16)$$

где f_{\max} – максимальный коэффициент трения скольжения между ползушкой 7 и кулисой 8;

л) палец лодочки, расположенной в пазу кулачка 6, приводящий в движение каретку 4, следует использовать в качестве оси качания 3 рычага 2.

Наматывающее устройство (рис. 1-а, б) можно применять при формировании паковок с плоскими торцами, с открытыми и закрытыми конусообразными концами.

В первом случае угол β_0 раскладки должен быть больше $10...12^\circ$, а ход нитеводителя 1 – постоянным и равным

$$\begin{aligned} H_0 &= E + 6mtg\beta_0 = \\ &= E + b(\sin \gamma_{1\max} + \sin \gamma_{2\max}), \end{aligned} \quad (17)$$

где m – расстояние между нитеводителем 1 (рис.1-б) и направлением движения точки наматывания вдоль образующей тела намотки; $3mtg\beta_0$ – длина концевого участка тела намотки, на которой угол раскладки практически увеличивается от 0 до β_0 за время реверса нитеводителя 1.

С учетом зависимостей (5), (6) и (17) получаем уравнения

$$3mtg\beta_0 = \frac{b}{a} \left[(E/2 + a) \cos \varepsilon - \sqrt{a^2 - (E/2 + a)^2 \sin^2 \varepsilon} \right] \sin \varepsilon, \quad (18)$$

$$3mtg\beta_0 = \frac{b}{a} \left[(E/2 - a) \cos \varepsilon + \sqrt{a^2 - (E/2 - a)^2 \sin^2 \varepsilon} \right] \sin \varepsilon, \quad (19)$$

которые решаются относительно угла ε численным или графическим методами.

При формировании паковки с открытыми конусами ход нитеводителя 1 необходимо уменьшать от H_0 до E (рис.1-в). Высота H_1 конического конца паковки зависит от угла β_0 . При $\beta_0 > 10^\circ$:

$$H_1 \approx 3mtg\beta_0, \quad (20)$$

$$\sin \gamma_{1\max} = \frac{3mtg\beta_0}{b}. \quad (21)$$

При $\beta_0 < 10^\circ$:

$$H_1 = \frac{d_1 - d_0}{2f_1 \cos \beta_0}, \quad (22)$$

$$\sin \gamma_{1\max} = \frac{d_1 - d_0}{2bf_1 \cos \beta_0}, \quad (23)$$

где d_0 и d_1 – диаметры нитеносителя и паковки; f_1 – коэффициент трения скольжения между наматываемой нитью и телом намотки.

При формировании паковки с закрытыми конусообразными концами ход нитеводителя следует увеличивать от E до

$$H_0 = E + 2H_1 = E + 2b \sin \gamma_{1\max}, \quad (24)$$

а промежуточные значения $\sin \gamma_{1\max}$ и ε находить с учетом принятого интервала изменения d :

$$\sin \gamma_{1\max} = \frac{d - d_0}{2bf_1 \cos \beta_0} = \frac{1}{a} \left[(E/2 + a) \cos \varepsilon - \sqrt{a^2 - (E/2 + a)^2 \sin^2 \varepsilon} \right] \sin \varepsilon, \quad (25)$$

где $d_0 \leq d \leq d_1$ – пределы изменения диаметра d тела намотки в процессе формирования паковки.

При формировании трехконусной паковки в формулах (22...25) значения d_0 , d и d_1 следует брать в среднем сечении I-I тела намотки.

Для непрерывного изменения угла наклона ε кулисы 8 применяют различные устройства. В качестве примера рассмотрим рычажное устройство со следящим роликом 13, ось которого жестко закреплена концами на качающихся рычагах 14 и 15 вместе с качающимся конусом 16 кулачка 6. Постоянный силовой контакт ролика 13 с телом намотки 17 обеспечивается грузом 19 или пружиной.

Координаты h и η центрального профиля кулачка 11 можно находить по формулам

$$h = \ell_0 \operatorname{tg} \varepsilon, \quad (26)$$

$$\eta = \frac{d - d_0}{2\ell}, \quad (27)$$

где ℓ_0 – расстояние между точкой М и средней плоскостью кулачка 11; ℓ – расстояние между осями ролика 13 и кулачка 6.

При формировании паковок с плоскими, с открытыми и закрытыми конусообразными концами и $H_0 = 200...300$ мм наматывающее устройство может иметь следующие параметры: $E = 200...225$; $a = 25...30$; $b = 60...75$; $\rho = 12...15$ мм и $0 \leq \varepsilon \leq 8^\circ$.

ВЫВОДЫ

Полученные аналитические зависимости и практические рекомендации позволяют спроектировать наматывающее устройство с изменяющимся ходом нитеводителя, обеспечивающее получение паковок с плоскими торцами, с открытыми и закрытыми конусообразными концами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прошков А.Ф. Исследование и проектирование мотальных механизмов. – М.: Машгиз, 1963.
2. Регельман Х.З. и др. Машины для формирования химических и минеральных волокон. – Л.: Машиностроение, 1972.

Рекомендована кафедрой проектирования машин для производства химических волокон и крамерно-отделочного оборудования. Поступила 18.02.03.