

УДК 687.053.001.22

**СКОРОСТЬ ПРОДОЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ИГОЛЬНОЙ НИТИ
В ЗОНЕ НИТЕНАТЯЖНОГО
УСТРОЙСТВА ШВЕЙНОЙ МАШИНЫ**

Н.А. КУЛИДА, А.Н. КУЛИДА

(Ивановская государственная текстильная академия)

Высокие метрологические характеристики микропроцессорного устройства AutoStop автоматического останова швейной машины при обрыве (доработке) игольной или челночной нити [1] обеспечиваются использованием для измерения расхода игольной нити трибоакустического датчика с пьезоэлектрическим преобразователем. Особенность применения этого датчика состоит в стохастическом характере его сигнала, определяемом скоростью и натяжением контролируемой нити.

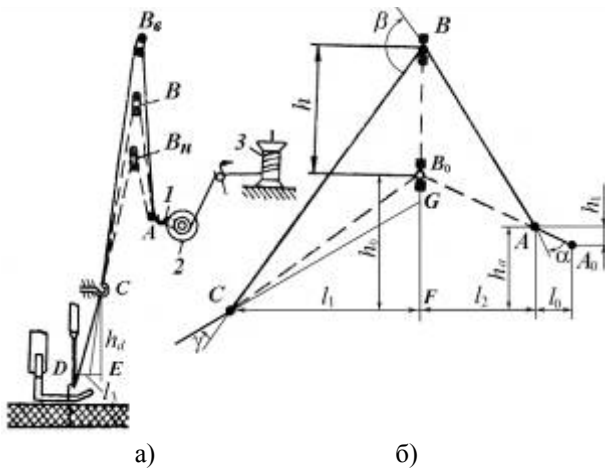


Рис. 1

Для определения скорости продольного перемещения игольной нити в зоне нитенатяжного устройства, с которым совмещен датчик, рассмотрим схему заправки в фазе, когда нитепритягиватель осуществляет вытягивание нити (рис. 1). По мере перемещения нитепритягивателя В из

нижнего положения B_n в верхнее B_v нить деформирует компенсационную пружину 1, переводя ее в положение, при котором между нитенаправителем А и регулятором натяжения 2 образуется прямая линия. Дальнейшее перемещение нитепритягивателя сопровождается сматыванием нити с катушки 3.

В этот же период в соответствии с цикловой диаграммой машины рейка транспортера начинает перемещение стачиваемых деталей на расстояние, равное шагу строчки, а игла движется по направлению к стачиваемым деталям. Однако это не вызывает сматывания нити с катушки, поскольку к этому моменту петля нити, образованная при взаимодействии игольной нити с челноком, выбирается нитепритягивателем не полностью, и нить на участке DCB, начинающемся у стачиваемого материала, движется по направлению к точке В нитепритягивателя.

Вследствие этого скорость продольного перемещения нити при сматывании нити с катушки определим, рассматривая изменение длины нити в ветвях АВ и ВС при перемещении точки В нитепритягивателя, по методике из [2], при этом учтем упругую деформацию нити и изменение ее натяжения.

Поскольку ветви АВ и ВС находятся в разных плоскостях, для решения поставленной задачи развернем их на одну плоскость (рис. 1). За начальное примем поло-

жение нитепритягивателя V_0 , при котором начинается сматывание нити с катушки. Очевидно, это положение зависит, в первую очередь, от длины строчки, а также номера нити и ее натяжения, толщины сшиваемых материалов и др.

Обозначим перемещение нитепритягивателя из начального положения V_0 в текущее через h . Тогда длина нити в ветвях составит:

$$AB = L_1(t) = \sqrt{\ell_2^2 + [h_0 + h(t) - h_a]^2}, \quad (1)$$

$$BC = L_2(t) = \sqrt{\ell_1^2 + [h_0 + h(t)]^2}, \quad (2)$$

где ℓ_1, ℓ_2, h_0, h_a – длины отрезков, показанные на рис. 1.

Закономерность перемещения точки В нитепритягивателя, наряду с углом поворота вала машины φ , определяется его механизмом. На машине кл. 116-2, где используется рычажно-кулачковый механизм, точка В совершает сложное движение: одновременно с перемещением вверх она несколько смещается в направлении за плоскость рис. 1. Поэтому длины отрезков ℓ_1 и ℓ_2 будут также зависеть от угла поворота главного вала машины.

Перемещения нитепритягивателя и иглы сопровождаются изменением длин ветвей L , их натяжения τ и коэффициентов жесткости c . Считая швейную нить упругодеформируемой в условиях высокой скорости нарастания деформации, можно записать

$$d\delta = \tau c^{-1} dL + Lc^{-1} dt - \tau Lc^{-2} dc, \quad (3)$$

где δ, L, c, τ – деформация, длина, коэффициент жесткости метрового отрезка и натяжение соответствующей ветви нити.

Функцию, определяющую длину нити в ветвях АВ и ВС, получим из очевидного геометрического соотношения:

$$L(t) = \sqrt{\ell_2^2 + [h_0 + h(t) - h_a]^2} + \sqrt{\ell_1^2 + [h_0 + h(t)]^2}. \quad (4)$$

С учетом деформации нити ее продольное перемещение dS составит:

$$dS = dL - d\delta = dL - (d\delta_1 + d\delta_2 + d\delta_3), \quad (5)$$

где $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ – деформация нити соответственно на участках АВ, ВС и CD.

Если натяжение нити после регулятора натяжения τ_0 , то, пренебрегая жесткостью нити на изгиб, натяжение τ_1 ветви АВ $\tau_1 = \tau_0 \exp(\mu\alpha)$, где μ, α – соответственно коэффициент трения и угол перегиба нити на нитенаправителе А. Аналогично, считая коэффициент трения нити о направляющие элементы неизменным, натяжение τ_2 ветви ВС $\tau_2 = \tau_1 \exp(\mu\beta) = \tau_0 \exp[\mu(\alpha + \beta)]$, где β – угол перегиба нити на нитепритягивателе В, а натяжение ветви CD, при тех же допущениях, равно $\tau_3 = \tau_2 \exp(\mu\gamma) = \tau_0 \exp[\mu(\alpha + \beta + \gamma)]$, где γ – угол перегиба на нитенаправителе С.

Деформация ветви АВ согласно (4):

$$d\delta_1 = (\tau_1 / c) dL_1 + (L_1 / c) d\tau_1 - \tau_1 L_1 c^{-2} dc. \quad (6)$$

Аналогично деформация ветви ВС:

$$d\delta_2 = (\tau_2 / c) dL_2 + (L_2 / c) d\tau_2 - \tau_2 L_2 c^{-2} dc, \quad (7)$$

и ветви CD:

$$d\delta_3 = (\tau_3 / c) dL_3 + (L_3 / c) d\tau_3 - \tau_3 L_3 c^{-2} dc. \quad (8)$$

Если пренебречь изменением коэффициента жесткости нити, выражения для деформаций ветвей примут вид:

$$d\delta_1 = (\tau_1 / c) dL_1 + (L_1 / c) d\tau_1, \quad (9)$$

$$d\delta_2 = (\tau_2 / c) dL_2 + (L_2 / c) d\tau_2, \quad (10)$$

$$d\delta_3 = (\tau_3 / c) dL_3 + (L_3 / c) d\tau_3. \quad (11)$$

Согласно (5) скорость продольного перемещения нити равна:

$$V = \frac{dS}{dt} = \frac{dL}{dt} - \sum_{i=1}^3 \frac{d\delta_i}{dt}. \quad (12)$$

Скорости $d\delta_i/dt$ найдем, воспользовавшись выражениями (9)...(11):

$$\frac{d\delta_1}{dt} = (\tau_1 / c) \frac{dL_1}{dt} + (L_1 / c) \frac{d\tau_1}{dt} = (\tau_0 e^{\mu\alpha} c^{-1}) \frac{dL_1}{dt} + e^{\mu\alpha} L_1 c^{-1} \left(\frac{d\tau_0}{dt} + \tau_0 \mu \frac{d\alpha}{dt} \right), \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \frac{d\delta_2}{dt} &= (\tau_2 / c) \frac{dL_2}{dt} + (L_2 / c) \frac{d\tau_2}{dt} = \left[\tau_0 e^{\mu(\alpha+\beta)} c^{-1} \right] \frac{dL_2}{dt} + \\ &+ e^{\mu(\alpha+\beta)} L_2 c^{-1} \left(\frac{d\tau_0}{dt} + \tau_0 \mu \frac{d(\alpha+\beta)}{dt} \right), \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \frac{d\delta_3}{dt} &= (\tau_3 / c) \frac{dL_3}{dt} + (L_3 / c) d\tau_3 = \tau_0 e^{\mu(\alpha+\beta+\gamma)} c^{-1} \frac{dL_3}{dt} + \\ &+ e^{\mu(\alpha+\beta+\gamma)} L_3 c^{-1} \left[\frac{d\tau_0}{dt} + \tau_0 \mu \frac{d(\alpha+\beta+\gamma)}{dt} \right]. \end{aligned} \quad (15)$$

Доля натяжения, определяемого настройкой регулятора натяжения, в общем натяжении τ_0 превалирует, поэтому можно принять, что τ_0 определяется только настройкой регулятора натяжения и при вытягивании нити нитепритягивателем остается неизменным, а производная $d\tau_0 / dt = 0$.

Учитывая это, выражения (13)...(15) упростятся:

$$\frac{d\delta_1}{dt} = \tau_0 e^{\mu\alpha} c^{-1} \left(\frac{dL_1}{dt} + L_1 \mu \frac{d\alpha}{dt} \right), \quad (16)$$

$$\frac{d\delta_2}{dt} = \tau_0 e^{\mu(\alpha+\beta)} c^{-1} \left[\frac{dL_2}{dt} + L_2 \mu \frac{d(\alpha+\beta)}{dt} \right], \quad (17)$$

$$\frac{d\delta_3}{dt} = \tau_0 e^{\mu(\alpha+\beta+\gamma)} c^{-1} \left[\frac{dL_3}{dt} + L_3 \mu \frac{d(\alpha+\beta+\gamma)}{dt} \right]. \quad (18)$$

Производные, характеризующие скорость изменения длин ветвей нити, найдем, воспользовавшись выражениями (1)...(3):

$$\frac{dL_1}{dt} = \frac{1}{\sqrt{\ell_2^2 + [h_0 + h - h_a]^2}} \left[\ell_2 \frac{d\ell_2}{dt} + (h_0 + h - h_a) \frac{dh}{dt} \right], \quad (19)$$

$$\frac{dL_2}{dt} = \frac{1}{\sqrt{\ell_1^2 + [h_0 + h]^2}} \left[\ell_1 \frac{d\ell_1}{dt} + (h_0 + h) \frac{dh}{dt} \right]. \quad (20)$$

Согласно цикловой диаграмме в период, когда нитепритягиватель вытягивает нить и происходит сматывание нити с катушки 3 (рис. 1), игла начинает движение по направлению к стачиваемому материалу. Однако общая длина ветви CD остается при этом неизменной, поэтому производная $dL_3 / dt = 0$.

Производные $d\ell_1 / dt$, $d\ell_2 / dt$ и dh / dt , входящие в выражения (19) и (20), находим как производные сложной функции, поскольку указанные переменные зависят от угла поворота φ главного вала, который, в свою очередь, является функцией времени.

Учитывая это, выражения (19)...(20) запишутся в виде:

$$\frac{dL_1}{dt} = \frac{\omega_b}{\sqrt{\ell_2^2 + [h_0 + h - h_a]^2}} \left[\ell_2 \frac{d\ell_2}{d\varphi} + (h_0 + h - h_a) \frac{dh}{d\varphi} \right], \quad (21)$$

$$\frac{dL_2}{dt} = \frac{\omega_b}{\sqrt{\ell_1^2 + [h_0 + h]^2}} \left[\ell_1 \frac{d\ell_1}{d\varphi} + (h_0 + h) \frac{dh}{d\varphi} \right], \quad (22)$$

где $\omega_b = d\varphi(t) / dt$ – угловая скорость главного вала.

Производные $d\alpha / dt$, $d\beta / dt$ и $d\gamma / dt$, характеризующие скорость изменения углов

перегиба на нитенаправителях А и С и нитепритягивателе В, определяются геометрией заправочной схемы.

Из рис. 1, пренебрегая радиусами кривизны нитенаправителей и направляющей нитепритягивателя, находим

$$\alpha = \arctg[(h + h_0 - h_a) / \ell_2] - \arctg(h_1 / \ell_0). \quad (23)$$

Из треугольника BCF $\angle CBF = \arctg[\ell_1 / (h + h_0)]$. Тогда

$$\frac{d\alpha}{dt} = \frac{\ell_2^2}{\ell_2^2 + (h + h_0 - h_a)^2} \frac{dh}{dt} \ell_2 - (h + h_0 - h_a) \frac{d\ell_2}{dt} \frac{1}{\ell_2^2} = \omega_B \frac{\frac{dh}{d\varphi} \ell_2 - (h + h_0 - h_a) \frac{d\ell_2}{d\varphi}}{\ell_2^2 + (h + h_0 - h_a)^2}. \quad (26)$$

Аналогично находим производные

$$\begin{aligned} \frac{d\beta}{dt} &= - \frac{\ell_2^2}{\ell_2^2 + (h + h_0 - h_a)^2} \frac{dh}{dt} \ell_2 - (h + h_0 - h_a) \frac{d\ell_2}{dt} \frac{1}{\ell_2^2} - \frac{(h + h_0)^2}{\ell_1^2 + (h + h_0)^2} \frac{(h + h_0) \frac{d\ell_1}{dt} - \ell_1 \frac{dh}{dt}}{(h + h_0)^2} = \\ &= -\omega_B \left[\frac{\frac{dh}{d\varphi} \ell_2 - (h + h_0 - h_a) \frac{d\ell_2}{d\varphi}}{\ell_2^2 + (h + h_0 - h_a)^2} + \frac{(h + h_0) \frac{d\ell_1}{d\varphi} - \ell_1 \frac{dh}{d\varphi}}{\ell_1^2 + (h + h_0)^2} \right] \end{aligned} \quad (27)$$

и

$$\begin{aligned} \frac{d\gamma}{dt} &= \frac{\ell_1^2}{\ell_1^2 + (h + h_0)^2} \frac{dh}{dt} \ell_1 - (h + h_0) \frac{d\ell_1}{dt} \frac{1}{\ell_1^2} - \frac{\ell_3}{\ell_3^2 + h_d^2} \frac{dh_d}{dt} = \\ &= \omega_B \frac{\frac{dh}{d\varphi} \ell_1 - (h + h_0) \frac{d\ell_1}{d\varphi}}{\ell_1^2 + (h + h_0)^2} + \omega_B \frac{\ell_3 \frac{dh_d}{d\varphi}}{\ell_3^2 + h_d^2}. \end{aligned} \quad (28)$$

Таким образом, системы уравнений (12), (16)...(18), (21), (22), (26)...(28) определяют скорость продольного перемещения игольной нити в зоне натяжного устройства швейной машины.

Из полученной системы уравнений следует, что скорость продольного перемещения нити в период ее сматывания с катушки определяется угловой скоростью вала машины ω_B и составляющими, обу-

$$\beta = 180 - \left(\arctg \frac{\ell_2}{h + h_0 - h_a} + \arctg \frac{\ell_1}{h + h_0} \right). \quad (24)$$

Угол γ находим как разность углов BCF и BCG:

$$\gamma = \arctg[(h + h_0) / \ell_1] - \arctg(h_d / \ell_3). \quad (25)$$

Отсюда находим производные:

словленными деформацией ветвей нити, которые, в свою очередь, зависят от изменения ее натяжения, углов перегиба и длин ветвей:

$$V_n = \sum_{i=1}^3 dL_i / dt - V_{\tau_0} - V_{\alpha, \beta, \gamma} - V_{L_i}, \quad (29)$$

где $\sum_{i=1}^3 dL_i / dt$ определяются выражениями (21)...(22), а

$$V_{\tau_0} = c^{-1} \left[e^{\mu\alpha} L_1 + e^{\mu(\alpha+\beta)} L_2 + e^{\mu(\alpha+\beta+\gamma)} L_3 \right] \frac{d\tau_0}{dt}, \quad (30)$$

$$V_{\alpha,\beta,\gamma} = \tau_0 \mu c^{-1} \left[e^{\mu\alpha} L_1 \frac{d\alpha}{dt} + e^{\mu(\alpha+\beta)} L_2 \frac{d(\alpha+\beta)}{dt} + e^{\mu(\alpha+\beta+\gamma)} L_3 \frac{d(\alpha+\beta+\gamma)}{dt} \right], \quad (31)$$

$$V_{L_i} = \tau_0 c^{-1} \left[e^{\mu\alpha} \frac{dL_1}{dt} + e^{\mu(\alpha+\beta)} \frac{dL_2}{dt} \right]. \quad (32)$$

Вычисление скорости по полученной системе уравнений связано с экспериментальным определением производных $dh/d\varphi$, $d\ell_1/d\varphi$ и $d\ell_2/d\varphi$.

$$\frac{d\ell_1}{d\varphi} = \frac{X}{\sqrt{c^2 + X^2}} \frac{dX}{d\varphi}, \quad (33)$$

$$\frac{d\ell_2}{d\varphi} = \frac{X}{\sqrt{a^2 + X^2}} \frac{dX}{d\varphi}. \quad (34)$$



Рис. 2

Нитепритягиватель движется по траектории рис. 2, на котором показаны последовательные положения глазка нитепритягивателя через 2 град. угла поворота вала машины. Если поместить начало координат XOY в точку начального положения нитепритягивателя, то координата Y его текущего положения определяет показанную на рис. 1 координату h , а, зная X , можно найти функциональную связь длин отрезков ℓ_1 и ℓ_2 с координатой Y .

Если расстояние между нитенаправителем A и вертикальной прямой, проходящей через нитепритягиватель B , составляет a , то $\ell_2 = \sqrt{a^2 + X^2}$. Аналогично, обозначая расстояние между нитенаправителем C и той же прямой через c , получаем $\ell_1 = \sqrt{c^2 + X^2}$.

Соответствующие производные равны:

Таким образом, для вычисления скорости по полученной системе уравнений необходимо экспериментально получить зависимости $X(\varphi)$ и $Y(\varphi)$ и далее выполнить либо численное дифференцирование полученных зависимостей, либо, предварительно аппроксимировав $X(\varphi)$ и $Y(\varphi)$, найти аналитически $dX/d\varphi$ и $dY/d\varphi$.

Экспериментальное определение зависимостей $X(\varphi)$ и $Y(\varphi)$ осуществлялось на швейной машине кл. 116-2. Угол поворота вала машины устанавливался с точностью 0,5 град.

Для повышения точности определения зависимости $Y(X)$ полученная траектория движения нитепритягивателя (рис. 2) сканировалась и далее увеличивалась. Аппроксимация осуществлялась с помощью программного пакета Statistica. Вычисление скорости по полученной системе уравнений осуществлено с помощью MathCAD.

Расчеты показали, что при угловой скорости вала 420 об/мин, коэффициенте жесткости метрового отрезка 76,4 Н, натяжении $\tau_0 = 1,2$ Н и коэффициенте трения $\mu = 0,2$ скорость продольного перемещения игольной нити имеет максимальное значение в начале периода (2,41 м/с) и уменьшается по линейному закону к его концу.

Кроме перечисленных ранее длины строчки, номера нити и толщины шиваемых материалов, влияющих на скорость опосредованно через $X(\varphi)$ и $Y(\varphi)$, численное значение скорости продольного перемещения нити зависит от ее натяжения и коэффициента жесткости, а также угловой

скорости вала машины. С увеличением последней линейно растет максимальное значение скорости нити. И, наоборот, с ростом натяжения и коэффициента жесткости нити ее скорость, при прочих равных условиях, уменьшается.

Полученные закономерности изменения скорости игольной нити в период ее сматывания с катушки нитепротягивателем использованы при проектировании трибоакустического датчика расхода игольной нити.

ВЫВОДЫ

1. Скорость продольного перемещения игольной нити в период сматывания ее с катушки нитепротягивателем имеет максимальное значение в начале периода и

уменьшается по линейному закону к его концу.

2. С увеличением угловой скорости главного вала швейной машины скорость продольного перемещения игольной нити линейно возрастает.

3. Максимальное значение скорости продольного перемещения игольной нити уменьшается с ростом ее натяжения и коэффициента жесткости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулида Н.А., Кулида А.Н. / Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 5.
2. Кулида Н.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1982, № 5.С. 39...43.

Рекомендована кафедрой автоматизации и радиоэлектроники. Поступила 03.09.07.