

УДК 677.054.845-231.321.2

**СИНТЕЗ ПОЛИДИНАМИЧЕСКОГО ЗАКОНА ДВИЖЕНИЯ БАТАНА
ТКАЦКИХ СТАНКОВ СТБ**

С.В. ЛУШНИКОВ, М.А. БЕЛЫЙ

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

Кулачковые механизмы привода батана ткацких станков типа СТБ работают в сложных динамических условиях, и в значительной степени долговечность и надежность их работы зависит от закона движения батана $\psi(\varphi)$. В настоящее время при расчете профиля кулачка используется закон движения, у которого график ускорения батана $\varepsilon(\varphi)$ имеет вид модифицированной трапеции. К недостаткам этого закона движения можно отнести наличие разрывов большой величины в функции “пульса” то есть третьей производной от перемещения по времени, что приводит к значительным колебаниям батана, увеличению инерционных нагрузок и вибрации.

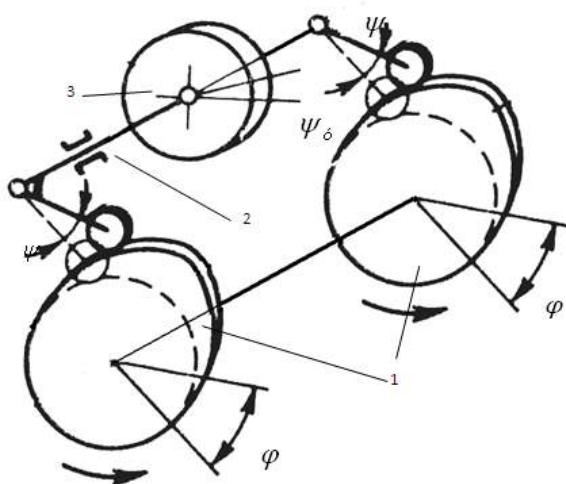


Рис. 1

В теоретических исследованиях при создании полидинамического закона движения батана была использована одномассовая динамическая модель [1], изображенная на рис.1. Эта модель составлена в предположении, что кулачок находится на жестком валу, а подбатанный вал является упругим. Предполагается также, что угловая скорость кулачка является постоянной величиной. Дифференциальное уравнение колебательного движения имеет вид

$$\ddot{q} = -p^2 q - 2n\dot{q} - \ddot{\psi} - \frac{M}{J}, \quad (1)$$

где $q = \psi_y - \psi$ – деформация упругого вала при кручении; $\dot{q} = \dot{\psi}_y - \dot{\psi}$, $\ddot{q} = \ddot{\psi}_y - \ddot{\psi}$ – соответственно скорость и ускорение колебательного движения; $p^2 = c/J$ – собственная частота крутильных колебаний диска 3; n – коэффициент демпфирования $2n = \frac{\beta}{J}$; β – коэффициент сопротивления; M – момент, возникающий от сил прибой; ψ – угол поворота коромысла 2; ψ_y – угол поворота массы 3; J – момент инерции массы 3 относительно оси вращения $J = \frac{J_0}{2,5}$ [1]; c – крутильная жесткость вала батана; $\dot{\psi}, \ddot{\psi}, \dot{\psi}_y, \ddot{\psi}_y$ – соответственно первые и вторые производные от углового перемещения массы 3 по времени t .

Момент от сил сопротивления, действующих на батан при прибое, приближенно можно принять изменяющимся по синусоидальному закону в пределах одной полуволны [2]:

$$M = M_{\Pi} \sin\left(\pi \frac{t-t_1}{\tau_{\Pi}}\right), \quad (2)$$

где t_1 – время начала прибоя; τ_{Π} – время, определяющее продолжительность прибоя; M_{Π} – максимальный момент воспринимаемый бердом.

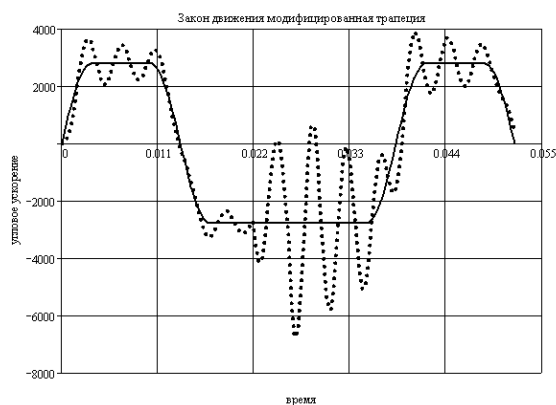


Рис. 2

Для решения дифференциального уравнения (1) использовался метод Рунге-Кутты 4-го порядка. На рис. 2 показан график углового ускорения батана для трапецидального закона движения (сплошная кривая 1), определенный с учетом упругости подбатанного вала (пунктирная кривая 2). Как видно из графика, в момент начала движения батана к прибою и при смене знака ускорения возникают колебания, вызванные кинематическим возбуждением, на которые затем накладываются колебания, возникающие от сил прибоя. При выработке тяжелых тканей эти знакопеременные колебания ускорения, а следо-

$$\psi_y = (k^5 x_1 + k^6 x_2 + k^7 x_3 + k^8 x_4 + k^9 x_5) \psi_m, \quad (6)$$

где ψ_m – максимальный угол качания батана; $k = t/t_{\text{пр.х}}$, $t_{\text{пр.х}}$ – время движения ба-

тательно, и силы инерции батана могут принимать значения, при которых возможно его "опрокидывание", то есть смена поверхностей контактирования роликов и кулачков, что приводит к ударным нагрузкам и дополнительным вибрациям. Для снижения колебаний ведомых звеньев кулачковых механизмов, возникающих при кинематическом и силовом возбуждениях, используют полидинамические законы движения.

Если пренебречь сопротивлением $\beta = 0$, профиль кулачка должен удовлетворять условию [3]:

$$\psi = \frac{M}{c} + \psi_y + \frac{J}{c} \ddot{\psi}_y. \quad (3)$$

Из уравнения (3) после дифференцирования по времени t следует:

$$\dot{\psi} = \frac{\dot{M}}{c} + \dot{\psi}_y + \frac{J}{c} \ddot{\psi}_y, \quad (4)$$

$$\ddot{\psi} = \frac{\ddot{M}}{c} + \ddot{\psi}_y + \frac{J}{c} \ddot{\psi}_y. \quad (5)$$

Анализ уравнений (3)...(5) показывает, что если задать закон движения ψ_y массы 3 в виде полинома девятой и более высоких степеней, то в механизме будут отсутствовать жесткие и мягкие удары. Полином девятой степени не обеспечивает полного отсутствия разрывов в функции пульса $\ddot{\psi}$, однако величина этих разрывов, как показали расчеты, по сравнению с модифицированной трапецией на порядок меньше. Этот полином по сравнению с полиномами более высоких степеней обеспечивает меньшее значение максимального ускорения ведомого звена.

Закон движения массы 3 имеет вид:

тана к положению прибоя; x_1, x_2, \dots, x_5 – неизвестные коэффициенты, подлежащие определению исходя из заданных гранич-

ных условий движения батана.

После четырехкратного дифференци-

$$\begin{aligned}\dot{\psi}_y &= (5x_1k^4 + 6x_2k^5 + 7x_3k^6 + 8x_4k^7 + 9x_5k^8) \frac{\Psi_m}{t_{пр.х}}, \\ \ddot{\psi}_y &= (20x_1k^3 + 30x_2k^4 + 42x_3k^5 + 56x_4k^6 + 72x_5k^7) \frac{\Psi_m}{t_{пр.х}^2}, \\ \dddot{\psi}_y &= (60x_1k^2 + 120x_2k^3 + 210x_3k^4 + 336x_4k^5 + 504x_5k^6) \frac{\Psi_m}{t_{пр.х}^3}, \\ \ddot{\ddot{\psi}}_y &= (120x_1k + 360x_2k^2 + 840x_3k^3 + 1680x_4k^4 + 3024x_5k^5) \frac{\Psi_m}{t_{пр.х}^4}.\end{aligned}\tag{7}$$

Далее задаем граничные условия движения батана:

в начале движения к прибою: $t=0; k=0; \psi_y=0; \dot{\psi}_y=0; \ddot{\psi}_y=0; \ddot{\ddot{\psi}}_y=0; \ddot{\ddot{\psi}}_y=0;$

в конце движения к прибою: $t=t_{пр.х}; k=1; \psi_y=\Psi_m; \dot{\psi}_y=0; \ddot{\psi}_y=k_\epsilon; \ddot{\ddot{\psi}}_y=0; \ddot{\ddot{\psi}}_y=0;$

где коэффициент K_ϵ определяет максимальную величину отрицательного ускорения на участке прибоя. Изменяя этот коэффициент, можно менять величину сил инерции батана при прибое, чтобы исключить его “опрокидывание”. Для реализации этого условия ткацкий станок должен иметь набор кулачков с различными полидинамическими законами, которые выбираются в зависимости от вида вырабатываемой ткани.

Производные (7) совместно с функцией перемещения (6) образуют систему пяти линейных уравнений вида $AX = B$, у которых матрицы коэффициентов имеют вид:

$$A = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ 20 & 30 & 42 & 56 & 72 \\ 60 & 120 & 210 & 336 & 504 \\ 120 & 360 & 840 & 1680 & 3024 \end{vmatrix} \quad B = \begin{vmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{vmatrix} \cdot K_\epsilon.\tag{8}$$

В результате решения системы (8) линейных уравнений получаем коэффициенты x_1, x_2, \dots, x_5 , определяющие закон движе-

рования функции перемещения (6) получаем выражения для производных:

ния (6),(7) массы 3 (рис. 1). При этом коромысло 2 совершает движение по закону, который вычисляется по формулам (3), (4), (5). Производные от момента сил сопротивления по времени вычисляются по формулам

$$\dot{M} = M_{\Pi} \frac{\pi}{\tau} \cos\left(\pi \frac{t-t_1}{\tau}\right),\tag{9}$$

$$\ddot{M} = -M_{\Pi} \frac{\pi^2}{\tau^2} \sin\left(\pi \frac{t-t_1}{\tau}\right).\tag{10}$$

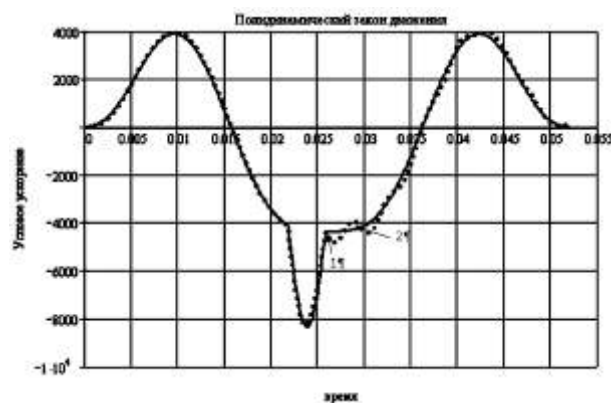


Рис. 3

График углового ускорения батана $\ddot{\psi}(t)$ для полидинамического закона движения (сплошная линия 1) показан на рис. 3. На графике в зоне прибоя наблюдается резкое увеличение ускорения, зависящее от сил прибоя. Пунктирной линией 2 изображено ускорение батана $\ddot{\psi}_y(t)$, опреде-

ленное с помощью дифференциального уравнения (1). При расчете этого графика использовались те же параметры кулачкового механизма, что и для трапецидального закона. Из рис.3 следует, что для полидинамического закона движения ускорения, определенные с учетом упругости подбатанного вала (пунктирная кривая), практически совпадают с идеальным ускорением, так как упругие колебания, вызванные как кинематическим, так и силовым возбуждением являются незначительными.

Расчеты проводились для ткацкого станка СТБ-175 при следующих исходных данных [2]: фазовый угол прямого (к прибору) и обратного хода батана $\varphi_{\text{пр.х}} = \varphi_{\text{обр.х}} = 70$ град; угол качания батана $\psi_m = 24$ град; коэффициент жесткости подбатанного вала $c = 4,16 \cdot 10^5$ нм/рад; коэффициент сопротивления $\beta = 22,3$ Н·мс/рад; момент инерции батана относительно оси вращения $J_b = 0,35$ кг·м²; $M_n = 680$ Н·м – для камвольной костюмной ткани арт. 2268; частота вращения главного вала $n_{г.в} = 450$ об/мин.

ВЫВОДЫ

Разработан полидинамический закон движения батана с учетом упругости подбатанного вала и сил сопротивления, возникающих во время приборя уточной нити. При разработке закона использовалась одномассовая динамическая модель. Как показали расчеты, этот закон позволяет существенно уменьшить колебания батана, вызванные как кинематическим, так и силовым возбуждением.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Коритыцкий Я. И.* Колебания в текстильных машинах. – М: Машиностроение, 1973.
2. *Коритыцкий Я. И.* Динамика упругих систем текстильных машин. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.
3. *Левитский Н.И.* Колебания в механизмах. – М.: Машиностроение, 1988.

Рекомендована кафедрой теории механизмов, приборов и машин. Поступила 15.10.08.