

## ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАКОНА ДВИЖЕНИЯ РАПИРЫ ЛЕНТОТКАЦКОГО СТАНКА

Башметов В.С., Силивончик В.В.

Для прокладывания уточной нити через зев на бесчелночных лентоткацких станках типа ТЛБ-М [1] рапира получает движение от кулачка через зубчатый сектор, вал-шестерню и державку. Профиль кулачка обеспечивает выстой рапиры в ее крайнем правом (исходном) положении в течение поворота главного вала станка от  $310^\circ$  до  $50^\circ$ . Далее от  $50^\circ$  до  $180^\circ$  рапира движется в зев и от  $180^\circ$  до  $310^\circ$  – из зева. При работе станка угловые ускорения рапиры достигают большой величины. Расчеты показали, что при частоте вращения главного вала станка  $600 \text{ мин}^{-1}$  максимальное значение углового ускорения составляет  $7175 \text{ рад/с}^2$ . Это вызывает повышенные динамические нагрузки в механизмах прокладывания утка, снижает надежность и долговечность механизмов, увеличивает шум и вибрацию, а также является причиной повышенных динамических воздействий на уточные нити и влияет на их обрывность.

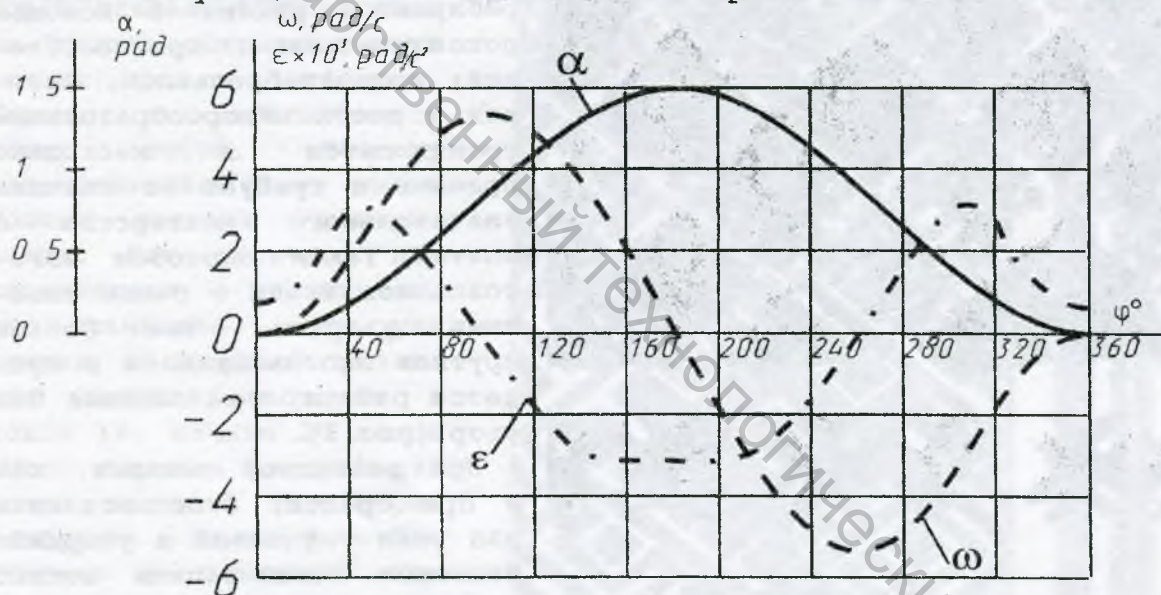


Рис.1

Для уменьшения угловых ускорений рапиры можно применить закон ее движения без выстоя. При этом движение рапиры необходимо согласовать с движением берда, чтобы обеспечить ее беспрепятственный вход в зев и выход из зева без соприкосновения с бердом. Анализ взаимных положений рапиры и берда на станках ТЛБ-40М показал, что для выполнения указанных условий кривая  $\alpha$  угла поворота рапиры (рис.1) должна пройти через точки А, В и С с координатами:  $\alpha_A = \alpha_C = \pi/9 \text{ рад}$ ;  $\alpha_B = 1,5 \text{ рад}$ ;  $\varphi_A \geq 7\pi/18 \text{ рад}$ ;  $\varphi_B = \pi \text{ рад}$ ;  $\varphi_C \leq 29\pi/18 \text{ рад}$  ( $\varphi$  – угол поворота главного вала станка). Необходимо найти такой закон движения рапиры  $\alpha = \alpha(\varphi)$ , при котором угловые ускорения ее были бы минимальными. При этом желательно, чтобы искомая функция была трижды непрерывно дифференцируемой.

Рассмотрим функцию  $\alpha = \alpha(\varphi)$  на промежутке  $0 \leq \varphi \leq \pi$ , так как она симметрична относительно ординаты, проходящей через  $\pi$ . Требование непрерывности третьей производной приводит к условиям

$$\frac{d^3\alpha}{d\varphi^3}(0)=0, \quad \frac{d^3\alpha}{d\varphi^3}(\pi)=0. \quad (1)$$

Сделаем замену переменных

$$x = \frac{2\varphi}{\pi} - 1, \quad y = \frac{2\alpha}{\alpha_B} - 1, \quad -1 \leq x \leq 1, \quad -1 \leq y \leq 1. \quad (2)$$

Тогда

$$x_A = \frac{2\varphi_A}{\pi} - 1, \quad y_A = \frac{2\alpha_A}{\alpha_B} - 1. \quad (3)$$

Закону движения рапиры  $\alpha = \alpha(\varphi)$  будет соответствовать функция  $y = f(x)$  при наличии связи

$$\alpha(\varphi) = \frac{\alpha_B}{2} \left[ f\left(\frac{2\varphi}{\pi} - 1\right) + 1 \right], \quad (4)$$

а указанные выше ограничения на функцию  $\alpha(\varphi)$  в терминах функции  $f(x)$  будут

$$\left. \begin{aligned} f(-1) &= -1, & f'(-1) &= 0, & f(1) &= 1, & f'(1) &= 0, \\ f(x_A) &= y_A, & f'''(-1) &= 0, & f'''(1) &= 0. \end{aligned} \right\}. \quad (5)$$

В данном случае штрих обозначает производную.

Первые пять условий (5) позволяют построить интерполяционный многочлен четвертой степени

$$P_0(x) = -\beta + \frac{3}{2}x + 2\beta x^2 - \frac{1}{2}x^3 - \beta x^4, \quad (6)$$

где

$$\beta = \frac{\frac{3}{2}x_A - \frac{1}{2}x_A^3 - y_A}{(x_A^2 - 1)^2}.$$

Для построения многочлена, удовлетворяющего всем семи условиям (5), введем два вспомогательных многочлена

$$P_1(x) = (x^2 - 1)^2(x - x_A), P_2(x) = (a + bx)P_1(x), \quad (7)$$

которые дают

$$\begin{aligned} P_1(-1) &= P_1'(-1) = P_1(1) = P_1'(1) = P_1(x_A) = 0; \\ P_2(-1) &= P_2'(-1) = P_2(1) = P_2'(1) = P_2(x_A) = 0. \end{aligned}$$

Для определения коэффициентов  $a$  и  $b$  можно воспользоваться последними двумя условиями (5)

$$P_0'''(-1) + P_2'''(-1) = 0, P_0'''(1) + P_2'''(1) = 0, \quad (8)$$

которые можно представить в виде

$$P_0'''(x) = -3 - 24\beta x, P_2'''(x) = (a + bx)P_1''(x) + 3bP_1'(x).$$

Тогда коэффициенты  $a$  и  $b$  найдем из решения системы

$$\left. \begin{aligned} -3 + 24\beta + (a - b)P_1'''(-1) + 3bP_1''(-1) &= 0; \\ -3 - 24\beta + (a + b)P_1'''(1) + 3bP_1''(1) &= 0. \end{aligned} \right\}. \quad (9)$$

Таким образом интерполяционный многочлен 6-ой степени

$$f(x) = P_0(x) + (a + bx)P_1(x) \quad (10)$$

удовлетворяет условиям (5).

Для построения многочлена 7-ой степени введем

$$P_3(x) = (a_1 + b_1x + c_1x^2)P_1(x). \quad (11)$$

Условия  $P'''(-1) = P'''(1) = 0$  приводят к системе двух уравнений типа (9) и позволяют выразить коэффициенты  $a_1$ ,  $b_1$  и  $c_1$  через некоторый свободный параметр  $A$ .

Тогда функция  $f(x)$  будет

$$f(x) = P_0(x) + P_2(x) + P_3(x), \quad (12)$$

оптимизация которой сводится к нахождению численным методом на ЭВМ оптимального значения параметра  $A$ .

Для построения многочлена 8-ой степени введем

$$P_4(x) = (a_2 + b_2x + d_2x^3)P_1(x). \quad (13)$$

Условия  $P_4'''(-1) = P_4'''(1) = 0$  позволяют выразить коэффициенты  $a_2$ ,  $b_2$  и  $d_2$  через некоторый свободный параметр  $B$ .

Тогда функция  $f(x)$  будет

$$f(x) = P_0(x) + P_2(x) + P_3(x) + P_4(x) \quad (14)$$

и ее оптимизация сводится к нахождению аналогичным образом двух свободных параметров  $A$  и  $B$ .

По данной методике с использованием многочлена 8-ой степени проведены расчеты параметров движения рапиры для лентоткацкого станка ТЛБ-40М при частоте вращения главного вала  $600 \text{ мин}^{-1}$ . В результате расчетов получено:  $\beta = 0,23$ ;  $a = 4,63$ ;  $b = 7,28$ ;  $a_1 = 474$ ;  $b_1 = 18$ ;  $c_1 = -239$ ;  $a_2 = 18$ ;  $b_2 = 397$ ; и  $d_2 = -239$ . Зависимости угла поворота рапиры  $\alpha$ , угловой скорости  $\omega$  и углового ускорения  $\varepsilon$  от угла поворота главного вала станка представлены на рис.1. Максимальное значение углового ускорения рапиры в данном случае составляет  $3195 \text{ рад/с}^2$ , что в 2,2 раза меньше, чем при использовании базовых кулачков.

#### ВЫВОДЫ

Разработана методика, позволяющая определить оптимальный закон движения рапиры на лентоткацких станках ТЛБ-40М. Применение закона движения рапиры в виде многочлена 8-ой степени позволяет уменьшить максимальные угловые ускорения рапиры в 2,2 раза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мшвениерадзе А.П., Спиридонов Г.К. Бесчелночные лентоткацкие станки. - М.: Легпромбытиздат, 1987.