

УДК 677.054.845-231.321.2

**СРАВНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
РЫЧАЖНЫХ И КУЛАЧКОВЫХ ПРИВОДОВ
БАТАНА ТКАЦКИХ СТАНКОВ**

**COMPARISON OF DYNAMIC CHARACTERISTICS
OF LEVER AND CAM SLAY DRIVES OF LOOMS**

С. В. ЛУШНИКОВ, В. С. КУЗНЕЦОВА, Н. В. СТЕПНОВ
S. V. LUSHNIKOV, V. S. KUZNETSOVA, N. V. STEPNOV

(Московский государственный университет дизайна и технологии)
(Moscow State University of Design and Technology)
E-mail: office@msta.ac.ru

Проведено сравнение неравномерности вращения главного вала ткацкого станка для кулачкового и рычажного приводов батана, имеющих одинаковую продолжительность выстоя (квазивыстоя) выходного звена.

Comparison of non-uniformity of a loom main shaft rotation for a cam and lever slay drives, which have equal duration of output link dwell (quasidwell), has been carried out.

Ключевые слова: ткацкий станок, батанный механизм, неравномерность движения главного вала, дифференциальное уравнение движения, кулачковый механизм, рычажный механизм с квазиостановками.

Keywords: a loom, a slay, non-uniformity of main shaft movement, differential equation of movement, a cam mechanism, a lever mechanism with quasistops.

В качестве привода батана ткацких станков используют рычажные и кулачковые механизмы. Рычажные механизмы проще в изготовлении и более долговечны. Кулачковые механизмы обеспечивают перемещение выходного звена по требуемому закону, тогда как рычажные механизмы способны воспроизвести заданный закон движения только приближенно. Совре-

менные методы проектирования с использованием вычислительной техники и оптимизационных процедур дают возможность получать рычажные механизмы, обеспечивающие высокую степень приближения закона движения выходного звена к требуемому закону [1], [2]. При сравнении рычажных и кулачковых механизмов, помимо анализа их кинематиче-

ских свойств, необходимо изучать и динамические характеристики механизмов, например, их влияние на неравномерность вращения главного вала ткацкого станка. Сравнивались характеристики кулачкового привода батана, выходное звено которого перемещается по трапецеидальному закону, и шестизвенного рычажного привода, для которого кинематические характеристики батана приведены в работе [2]. При этом продолжительность выстоя батана составляла $\varphi_m = 220$ град, угол качания $\psi_m = 24$ град. Угол малого качания батана, приводимого в движение рычажным механизмом на участке приближенного выстоя, составляет $\Delta\psi = \pm 0,26$ град.

Исследование установившегося движения главного вала выполним с помощью метода последовательных приближений [3], используя статическую характеристику электродвигателя. Этот метод определения периодического решения уравнения

$$J(\varphi)\ddot{\varphi} + 0,5J'(\varphi)\dot{\varphi}^2 = M_d(\dot{\varphi}) + M_c(\varphi), \quad (1)$$

основывается на предположении, что закон движения главного вала мало отличается от равномерного вращения с постоянной угловой скоростью ω_0 .

Уравнение (1) может быть представлено в виде:

$$J_0\ddot{\varphi} - M_d(\dot{\varphi}) - M_{c0} = \tilde{J}(\varphi)\ddot{\varphi} - 0,5\tilde{J}'(\varphi)\dot{\varphi}^2 + \tilde{M}_c(\varphi), \quad (2)$$

где $M_d(\dot{\varphi})$ – движущий момент; M_{c0} – средняя величина приведенного момента сопротивления; J_0 – средняя величина приведенного момента инерции; $\tilde{J}(\varphi)$ – переменная величина приведенного момента сопротивления; $\tilde{J}'(\varphi)$ – производная от приведенного момента инерции по углу поворота φ ; $\tilde{M}_c(\varphi)$ – переменная составляющая приведенного момента сопротивления.

Характеристикой механизма, отражающей его динамические свойства при установившемся движении, является возмущающий момент $L(t)$, характеризующий

внутреннюю виброактивность механизма [3]:

$$L(t) = -\tilde{M}_d(t) = -0,5J'(\omega_0 t)\omega_0^2 + \tilde{M}_c(\omega_0 t), \quad (3)$$

Величиной $\tilde{J}(\varphi)\ddot{\varphi}$ пренебрегаем, полагая, что ускорение главного вала $\ddot{\varphi}$ имеет небольшую величину.

Выполнены расчеты по определению возмущающего момента $L(t)$ для шестизвенного рычажного и кулачкового механизмов привода батана.



Рис. 1

Из графика (рис. 1) видно, что возмущающий момент $L(t)$, а следовательно, и внутренняя виброактивность, создаваемая рычажным механизмом (кривая 1), на всем участке перемещения батана имеет меньшие значения, чем момент, создаваемый кулачковым приводом (кривая 2).

Выполнен гармонический анализ возмущающего момента $L(t)$ для кулачкового механизма, осуществляющего перемещение батана по трапецеидальному закону и для рычажного механизма. Возмущающий момент не содержит постоянной составляющей и может быть представлен в форме ряда Фурье:

$$L(t) = \sum_{i=1}^{\infty} L_i \cos(i\nu t + \alpha_i),$$

где $\nu = 2\pi/t_{px}$, t_{px} – время перемещения батана.

Результаты гармонического анализа функции $L(t)$ показали, что наибольшее значение у кулачкового и рычажного механизмов имеют амплитуды 2-й гармоники, причем у кулачкового механизма эта амплитуда в 1,8 раза больше, чем у рычажного. Начальное значение угловой скорости определяется из условия равенства за цикл работы движущих сил и сил сопротивления. При решении уравнения силами сопротивления, возникающими в процессе прибора, ввиду их кратковременного действия пренебрегаем. Величину движущего момента заменим его линеаризованным выражением:

$$M_d(\phi) = A - B\phi. \quad (4)$$

Введем новую переменную $\psi = \phi^{(k)} - \omega_0 t$, характеризующую отклонение угла поворота главного вала от его программного значения $\omega_0 t$. Величина ψ является динамической ошибкой по углу поворота главного вала. Тогда при $\dot{\psi} = \dot{\phi}^{(k)} - \omega_0$, $\ddot{\psi} = \ddot{\phi}^{(k)}$ получим линейное уравнение вида:

$$J_0 \ddot{\psi} + B \dot{\psi} = \sum_{i=1}^{\infty} L_i \cos(ivt + \alpha_i), \quad (5)$$

где B – крутизна статической характеристики.

Установившемуся движению системы соответствует частное периодическое решение уравнения (5), которое может быть записано в виде [3]:

$$\psi = \sum_{i=1}^{\infty} a_i \cos(ivt + \alpha_i + \beta_i), \quad (6)$$

где

$$a_i = \frac{L_i}{iv \sqrt{J_0^2 i^2 v^2 + B^2}}; \\ \cos \beta_i = \frac{J_0 iv}{\sqrt{J_0^2 i^2 v^2 + B^2}}; \quad \sin \beta_i = \frac{B}{\sqrt{J_0^2 i^2 v^2 + B^2}}.$$

Динамическая ошибка угловой скорости вращения главного вала определяется по формуле:

$$\dot{\psi} = - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{L_i \sin(ivt + \alpha_i + \beta_i)}{\sqrt{J_0^2 i^2 v^2 + B^2}}. \quad (7)$$

Угловая скорость главного вала:

$$\dot{\phi}^{(k)} = \omega_0 + \dot{\psi}. \quad (8)$$

Из формул (6) и (7) следует, что гармоника возмущающего момента $L(t)$, имеющая частоту $\Omega = iv$, вызывает появление гармоники той же частоты в динамической ошибке движения главного вала. Ввиду того что метод последовательных приближений предполагает ряд допущений, расчеты по исследованию движения главного вала были повторены с использованием динамической характеристики электродвигателя (метод Вейца) [4]:

$$J(\phi) \ddot{\phi} + \frac{1}{2} J' \dot{\phi}^2 = M_d(\phi) + M_c(\phi), \quad (9) \\ \dot{\phi}_d = \dot{\phi}_{дс} \left[1 - v_d (M_d + T_d \dot{M}_d) \right],$$

где T_d – электромагнитная постоянная электродвигателя; v_d – крутизна статической характеристики. Решение системы двух дифференциальных уравнений (9) выполнялось методом Рунге-Кутты 4-го порядка. Результаты расчета по определению угловой скорости главного вала представлены на графиках рис. 2 (для рычажного привода) и рис. 3 (для кулачкового привода). Цифрой 1 обозначена кривая, полученная методом последовательных приближений, цифрой 2 – методом Вейца. Значения коэффициента неравномерности сведены в табл. 1.

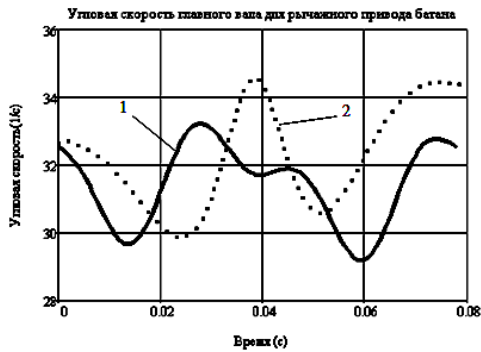


Рис. 2

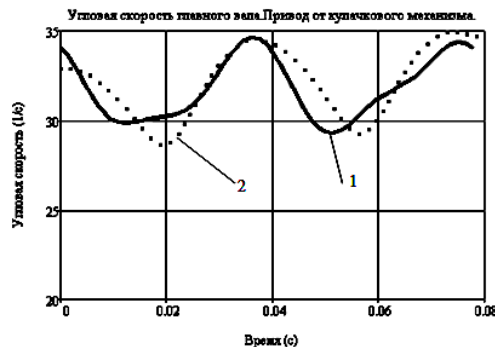


Рис. 3

Т а б л и ц а 1

Метод расчета	Кулачковый привод батана, %	Рычажный привод батана, %
Метод последовательных приближений	16,7	11,4
Метод Вейца	19	13,5

ВЫВОДЫ

1. Выполнен гармонический анализ возмущающего момента, создаваемого рычажным и кулачковым приводом батана ткацких станков. Установлено, что рычажный механизм имеет более низкие значения возмущающего момента, что приводит к меньшей неравномерности вращения главного вала ткацкого станка, чем у кулачкового механизма, примерно на 5...6%.

2. Угловая скорость главного вала ткацкого станка определялась методом последовательных приближений с учетом статической характеристики электродвига-

теля и методом Вейца, который учитывает динамические свойства двигателя. Расчеты показали, что метод Вейца показывает более высокие, примерно на 2...3%, значения коэффициента неравномерности вращения главного вала, чем метод последовательных приближений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лушников С.В., Саранчук Г.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, №3. С.110...113.
2. Лушников С.В., Кузнецова В.С., Степнов Н.В. // Сб. научн. тр.: Посвящен 100-летию со дня рождения П.В. Власова. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2011. С. 116...123.
3. Коловский М.З. Динамика машин. – Л., 1989.
4. Вейц В.Л., Кочура А.Е., Мартыненко А.М. Динамические расчеты приводов машин. – Л., 1971.

Рекомендована кафедрой теории механизмов, приборов и машин Поступила 08.02.13.