

УДК 677.054.845-231.321.2

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ГЛАВНОГО ВАЛА ТКАЦКОГО СТАНКА СТБ
С УЧЕТОМ УПРУГОСТИ РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ**

С. В. ЛУШНИКОВ, М. А. БЕЛЫЙ

(Московский государственный текстильный университет им. А. Н. Косыгина)
E-mail: office@msta.ac.ru

Выполнен гармонический анализ возмущающей функции, возникающей при работе батанного механизма. Установлено, что наибольшее значение имеет амплитуда 2-й гармоники, максимум которой находится вне области рабочих скоростей главного вала ткацкого станка.

The harmonious analysis of the revolting function arising at the lathe mechanism work is made. It is established that the amplitude of the 2nd harmonic which maximum is out of the area of working speeds of the loom main shaft has the greatest value.

Ключевые слова: главный вал ткацкого станка, батанный механизм, упругость ременной передачи, гармонический анализ возмущающей функции, амплитуда 2-й гармоники.

На закон движения главного вала ткацкого станка, как показывают экспериментальные исследования [1], в основном влияет движение батанного механизма. В работе [2] был получен график угловой скорости главного вала ткацкого станка на участке работы батанного механизма в предположении, что все звенья механизма являются абсолютно жесткими. Наиболее податливым элементом привода станка является ременная передача, поэтому представляет интерес проведение исследований по определению влияния упругости ременной передачи на движение главного вала станка. Динамическая модель машин-

ного агрегата ткацкий станок–электродвигатель показана на рис. 1.

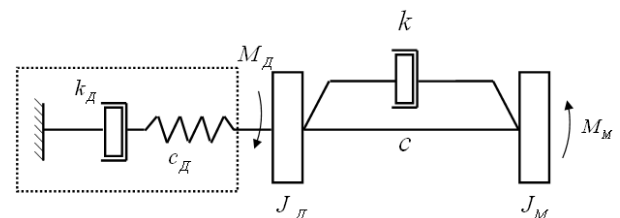


Рис. 1

Дифференциальные уравнения движения машинного агрегата для двухмассовой модели с учетом динамической характеристики электродвигателя [3] представим в виде:

$$\begin{aligned}
J_M \ddot{\varphi}_M + \frac{1}{2} \frac{dJ_M}{d\varphi_M} \dot{\varphi}_M^2 &= M_M(\varphi_M) - c(\varphi_M - \varphi_D) - k(\dot{\varphi}_M - \dot{\varphi}_D), \\
J_D \ddot{\varphi}_D &= M_D(\dot{\varphi}_D) - c(\varphi_D - \varphi_M) - k(\dot{\varphi}_D - \dot{\varphi}_M), \\
\dot{\varphi}_D &= \dot{\varphi}_{ДС} \left[1 - \nu_D (M_D + T_D \dot{M}_D) \right],
\end{aligned} \tag{1}$$

где $\varphi_M, \dot{\varphi}_M, \ddot{\varphi}_M$ – соответственно угол поворота, угловая скорость и угловое ускорение главного вала ткацкого станка; $\varphi_D, \dot{\varphi}_D, \ddot{\varphi}_D$ – угол поворота, угловая скорость и угловое ускорение ротора электродвигателя; J_M – приведенный момент инерции ткацкого станка; M_M – момент сил сопротивления; c – коэффициент жесткости ременной передачи; k – коэффициент сопротивления ременной передачи; J_D – момент инерции ротора электродвигателя; M_D – движущий момент; T_D – электромагнитная составляющая времени; ν_D – крутизна статической характеристики. Все параметры приведены к главному валу ткацкого станка.

Для исследования упругих характеристик ременной передачи предположим, что характеристика двигателя является абсолютно жесткой, и, пренебрегая действием сил сопротивления из системы (1) после ее преобразования, получим:

$$\begin{aligned}
\dot{\varphi}_D &= \omega_{ДН} = \text{const}, \quad \varphi_D = \omega_{ДН} t, \quad \ddot{\varphi}_D = 0, \\
J_{MC} \ddot{\varphi}_M + k(\dot{\varphi}_M - \dot{\varphi}_D) + c(\varphi_M - \varphi_D) &= L_{MV}. \tag{2}
\end{aligned}$$

В этом уравнении $J_{MC} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} J_M(\varphi_M) d\varphi_M$ – средняя величина приведенного момента инерции ткацкого станка, являющаяся величиной постоянной; L_{MV} представляет воздействие, вынуждающее колебательный процесс:

$$L_{MV} = -J_{MV} \ddot{\varphi}_M - \frac{1}{2} \frac{dJ_M}{d\varphi_M} \dot{\varphi}_M^2, \tag{3}$$

где J_{MV} – переменная составляющая приведенного момента инерции.

Для решения дифференциального уравнения (2) используем метод последовательных приближений [4]. Согласно

этому методу вынуждающий момент раскладывается в ряд Фурье:

$$L_{MV}(t) = \sum_{i=1}^{\infty} L_{MAi} \cos(i\Omega t - \beta_i), \tag{4}$$

где амплитуды L_{MAi} и фазы β_i определяются по формулам Эйлера-Фурье, а круговая частота по формуле $\Omega = 2\pi / (t_p)$, где t_p – время перемещения батана из одного крайнего положения в другое.

Далее используем принцип суперпозиции:

$$\eta = \sum_{i=1}^{\infty} \eta_i. \tag{5}$$

При установившемся режиме необходимо найти только частное решение этого уравнения:

$$\eta_i = \eta_{Ai} \cos(i\Omega t - \beta_i - \gamma_i), \tag{6}$$

где

$$\begin{aligned}
\eta_{Ai} &= \frac{L_{MAi}}{\sqrt{[c - (i\omega_{MC})^2 J_{MC}]^2 + (ki\omega_{MC})^2}}, \\
\text{tg}\gamma_i &= \frac{ki\omega_{MC}}{c - (i\omega_{MC})^2 J_{MC}}.
\end{aligned}$$

Таким образом, $\eta = \eta(t)$ есть та динамическая деформация, которая вызвана податливостью ременной передачи. Эта динамическая деформация выражается как сумма упругих гармонических колебаний, происходящих с частотами $\nu_1 = \omega_{MC}$, $\nu_2 = 2\omega_{MC}$, $\nu_3 = 3\omega_{MC}$, ..., где ω_{MC} – средняя угловая скорость главного вала станка. Расчет выполнялся для ткацкого станка СТБ-216 с асинхронным электродвигателем 4A100LB мощностью $N = 2,2$ кВт [1];

$J_{S_1} = 0,3 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $J_6 = 0,39 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; частота вращения главного вала $n_1 = 300 \text{ об/мин}$; технологическая нагрузка $M_c = 50,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$; $M_{\text{приб}} = 680 \text{ Н}\cdot\text{м}$ – для камвольной костюмной ткани арт. 2268. Частота собственных колебаний батанного механизма с приводом от ременной передачи $p = \sqrt{c/J_{\text{мс}}}$. Коэффициент крутильной жесткости ременной передачи и электродвигателя, приведенный к главному валу, $c = 13742 \text{ Н}\cdot\text{м/рад}$; $c_d = 2598 \text{ Н}\cdot\text{м/рад}$, коэффициенты сопротивления $k = 120 \text{ Н}\cdot\text{мс}$, $k_d = 56 \text{ Н}\cdot\text{мс}$.

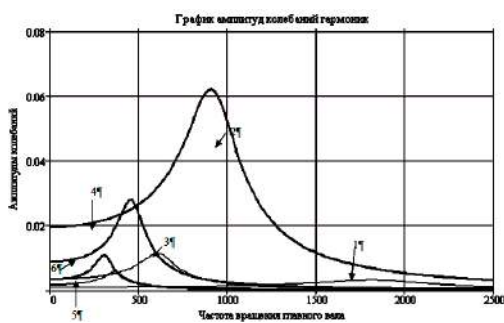


Рис. 2

Гармонический анализ функции $L_{MV}(t)$ показал, что более высокие значения имеют амплитуды четных гармоник по сравнению с нечетными гармониками. Наибольшее значение у амплитуды 2-й гармоники (рис. 2), максимум которой соответствует частоте вращения главного вала $n = 910 \text{ об/мин}$, то есть лежит вне зоны рабочих скоростей главного вала ткацких станков типа СТБ. При скоростях вращения главного вала менее 500 об/мин располагаются максимумы 4, 5, 6-й и т.д. гармоник.

Исследование неравномерности вращения главного вала ткацкого станка проводилось для трех вариантов.

1. Предполагается, что механическая характеристика электродвигателя является абсолютно жесткой и при этом учитывается упругость ременной передачи.

2. Используется динамическая характеристика электродвигателя и не учитывается упругость клиноременной передачи.

3. Используется динамическая характеристика электродвигателя и учитывается упругость клиноременной передачи.

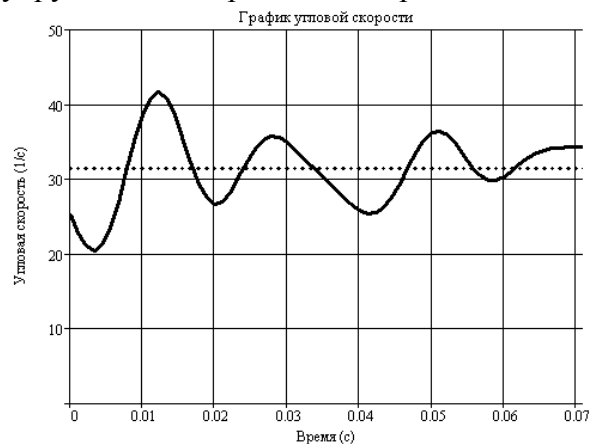


Рис. 3

График угловой скорости главного вала ткацкого станка, определенный по 1-му варианту, показан на рис. 3. Неравномерность вращения главного вала при этом составляет 38%. Расчеты показывают, что при использовании динамической характеристики электродвигателя в предположении абсолютной жесткости ременной передачи (вариант 2) неравномерность вращения главного вала составляет 16%. Жесткость упругой связи характеристики электродвигателя c_d значительно меньше жесткости c клиноременной передачи. Электродвигатель является фильтром низких частот, вследствие чего высокочастотные колебательные процессы, происходящие в механической системе, оказывают малое влияние на формирование неравномерности вращения ротора [4]. Решение системы дифференциальных уравнений (1) позволяет учесть динамическую характеристику электродвигателя и упругость ременной передачи.

ВЫВОДЫ

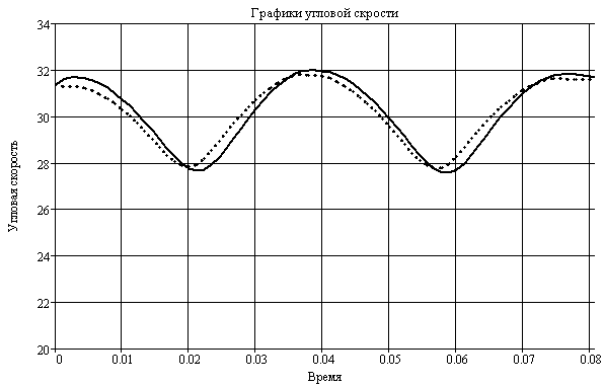


Рис. 4

Результат решения системы (1) показан на рис. 4, где кривая 1 показывает изменение угловой скорости главного вала, кривая 2 – вала электродвигателя. Коэффициент неравномерности вращения главного вала при этом составляет примерно 15%, вала электродвигателя 13,5%. Таким образом, можно предположить, что клиноременная передача незначительно влияет на закон движения главного вала ткацкого станка. Как показывают расчеты, изменение коэффициентов жесткости и демпфирования клиноременной передачи также незначительно влияют на движение главного вала станка.

1. Выполнен гармонический анализ возмущающей функции, возникающей при работе батанного механизма. Установлено, что наибольшее значение имеет амплитуда 2-й гармоники, максимум которой находится вне области рабочих скоростей главного вала ткацкого станка.

2. Установлено, что упругость клиноременной передачи, используемой в приводе главного вала ткацких станков типа СТБ, незначительно влияет на неравномерность вращения главного вала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мартынов И.А., Мецераков А.В., Корнев Б.И. Динамика приводов ткацких машин. – М.: РИО МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2002.
2. Лушников С.В., Саранчук Г.А., Белый М.А. О взаимовлиянии законов движения батана и главного вала ткацкого станка СТБ // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №4. С.75...78.
3. Вейц В.Л., Кочура А.Е., Мартыненко А.М. Динамические расчеты приводов машин. – Л., 1971.
4. Коловский М.З. Динамика машин. – Л., 1989.

Рекомендована кафедрой теории механизмов, приборов и машин. Поступила 09.04.10.