

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ГЛАВНОГО ВАЛА
ТКАЦКОГО СТАНКА СТБ**

**EXPERIMENTAL RESEARCH
OF THE ANGULAR VELOCITY
OF MAIN SHAFT OF LOOM STB**

А.А. ДЖОМАРТОВ
A.A. JOMARTOV

(Институт механики и машиноведения им. У.А. Джолдасбекова, Алматы)
(Institute of Mechanics and Mechanical Engineering named after U.A. Dzholdasbekov, Almaty)
E-mail: legsert@mail.ru

В статье приводятся экспериментальные исследования угловой скорости главного вала ткацкого станка СТБ. Измерения проводятся с помощью точного замера времени, за которое вал поворачивается на один и тот же эталонный угол. Для экспериментального исследования использовали фотодатчики со встроенными усилителями тока, а в качестве регистрирующего прибора – частотомер. Для более точного анализа экспериментальных результатов предлагается строить совмещенный график угловой скорости главного вала с циклограммой механизмов ткацкого станка СТБ.

The paper presents the experimental research of the angular velocity of main shaft of loom STB. Measuring the angular speed of the main shaft of the loom STB conducted using an accurate measurement of time for which the shaft is rotated by one and the standard angle. For the experimental research were applied the photosensors with integrated amplifiers current, and as a recording device cymometer. To improve the analysis of the experimental results, we proposed to build a combined graph of the angular velocity of main shaft with timing diagram of mechanisms loom STB.

Ключевые слова: ткацкий станок СТБ, главный вал, циклограмма, фотодатчик, частотомер.

Keywords: loom STB, main shaft, timing diagram, photosensor, cymometer.

При изучении динамики ткацкого станка СТБ необходимо иметь информацию об изменениях угловой скорости главного вала и влиянии на нее различных факторов. К таким факторам, в первую очередь, относятся: законы изменения приведенных моментов инерции движущихся частей ткацкого станка, изменения сил сопротивления, механическая характеристика двигателя и др. Зная закон изменения угловой скорости главного вала ткацкого станка $\omega = \omega(\alpha)$ или $\omega = \omega(t)$, можно оценить

неравномерность его вращения, найти угловые ускорения, необходимые для анализа динамики отдельных механизмов.

Для более детального анализа влияния отдельных механизмов станка-автомата на характер закона изменения угловой скорости главного вала станка $\omega = \omega(\alpha)$, необходимо строить совмещенные графики с циклограммой наиболее нагруженных механизмов [1]. Совмещенные графики с циклограммой механизмов станка дают возможность: определять изменения угло-

вой скорости на переходных (разбег, выбег) и установившемся режимах движения станка совместно с циклограммой работы механизмов станка-автомата; определять влияние отдельных механизмов (путем их отключения) на колебания угловой скорости главного вала совместно с циклограммой работы механизмов станка-автомата.

Существует много различных методов и устройств для измерения угловой скорости вращающихся звеньев, для которых применяются датчики различных типов [3], [4]. Датчики могут быть контактными и бесконтактными, непрерывного и импульсивного действия. По принципу работы они подразделяются на реохордные, индукционные, фотодатчики, вибродатчики и пр. Каждый из указанных типов датчиков обладает теми или иными достоинствами, в зависимости от устройства датчика. Для них необходимо применять соответствующий комплекс измерительно-регистрирующей аппаратуры и математический аппарат при обработке данных. При выборе типа датчика необходимо в каждом конкретном случае исходить из условий проводимого эксперимента и требований, предъявляемых к точности получаемых результатов.

Рассмотрим метод измерения средней угловой скорости главного вала ткацкого станка СТБ с применением импульсного датчика. Независимо от типа этого датчика средняя скорость определяется по формуле:

$$\omega_j = \frac{\Delta\alpha}{\Delta t_j}, \quad (1)$$

где $\Delta\alpha$ – заданный угол; Δt_j – измеряемый отрезок времени.

Выражение (1) можно использовать для измерения скоростей, если на выбранном участке угловое перемещение считать изменяющимся по линейному закону. В противном случае возникают трудности, связанные с вычислением погрешности усечения, так как с уменьшением угла погрешность округления возрастает.

$$L_n^{(1)}(x) = f(x_0, x_1) + [(x - x_0) + (x - x_1)]f(x_0, x_1, x_2),$$

Если на главный вал установить реохордный датчик углового перемещения и не учитывать влияние используемого гальванометра, то угловое перемещение равно:

$$K_y y(t) = \alpha(t), \quad (2)$$

где $y(t)$ – осциллограмма записей углового перемещения вала; $\alpha(t)$ – измеряемое перемещение; K_y – масштаб записей.

Пусть выражение (2) рассматривается как первый член продифференцированного интерполяционного многочлена Ньютона в равностоящих точках:

$$\omega_0 = K_y y_0^{(1)} = \frac{K_y}{h} (y_1 - y_0), \quad (3)$$

где h – шаг дифференцирования.

Погрешность $y_0^{(1)}$ представляется как сумма погрешности округления и усечения. Можно показать, что суммарная погрешность минимальна, когда $h = h_{cp}$ и выполняется условие:

$$\frac{h}{2} f^{(2)}(\eta) \approx \frac{1}{2h} \Delta^2 y_0 \approx \frac{\varepsilon_y}{h}, \quad (4)$$

где $\frac{h}{2} f^{(2)}(\eta)$ – погрешность усечения; $\Delta^2 y_0$ – абсолютная величина разности второго порядка; ε_y – абсолютная погрешность округления ординат осциллограммы.

Если выражение (3) записать в ином виде, удобном для определения производной в средней точке, то порядок вычислений поднимается на единицу:

$$\omega_1 = K_y y^{(1)} = K_y \frac{y_2 - y_1}{2h} + O(h^{p+1}). \quad (5)$$

Указанное повышение точности вытекает из формул численного дифференцирования многочлена Ньютона для неравных промежутков:

когда второе слагаемое правой части рассматривается как остаточный член. Если точка x рассмотрена симметрично относительно x_0, x_1 , то она является корнем уравнения $(x - x_0) + (x - x_1) = 0$, а остаточный член (5) обращается в нуль.

При вычислении одной и той же производной формулы с большим числом дают больший порядок точности. Однако они

$$\alpha_2^{(1)} = K_y y_2^{(1)} = \frac{K_y}{h} \left[\left(1 + \frac{1}{r^p + 1}\right)(y_3 - y_1) - \frac{0,5}{r^p - 1}(y_4 - y_2) \right],$$

где r – величина наращивания шага; p – порядок точности вычисления производных.

$$\alpha_2^{(1)} = H_y y_2^{(1)} = \frac{K_y}{2h} [1,33(y_3 - y_1) - 0,166(y_4 - y_0)].$$

Приведем результаты измерения угловой скорости главного вала ткацкого станка СТБ, проведенного с помощью точного замера времени, за которое вал поворачивается на один и тот же эталонный угол. Средняя угловая скорость вращения вала в этом угле определяется как отношение угла поворота ко времени этого поворота. Вследствие малости эталонного угла (менее 5°) считаем угловую скорость внутри указанного участка постоянной.

При исследовании неравномерности вращения главного вала этим способом применялись фотодатчики со встроенными усилителями тока, а в качестве регистрирующего прибора – частотомер ЧЗ-33. На главный вал станка был закреплен диск с радиально расположенными прорезями, с помощью которых формировался сигнал, подаваемый на фотодатчик угловой скорости (рис. 1). Датчик угловой скорости 2 представляет собой фотоэлектронный импульсный преобразователь со встроенным усилителем сигнала. При вращении главного вала равномерно расположенные радиальные прорези диска 1 поочередно открывают путь лучу от лампочки 4 к фотодиоду 3, который преобразует импульсный световой сигнал в электрический, усилива-

громоздки и требуют высоких порядков, и часто не могут быть использованы, так как осциллограммы записей не отличаются высокой точностью. Поэтому для дальнейшего повышения порядка точности можно использовать формулы низкой точности, а затем упростить результат методом Рунге [5] по формуле:

Интервал $[t_0, t_4]$ разбивается на четыре равные части t_0, t_1, t_2, t_3 и проводится расчет при $p=2, r=2$.

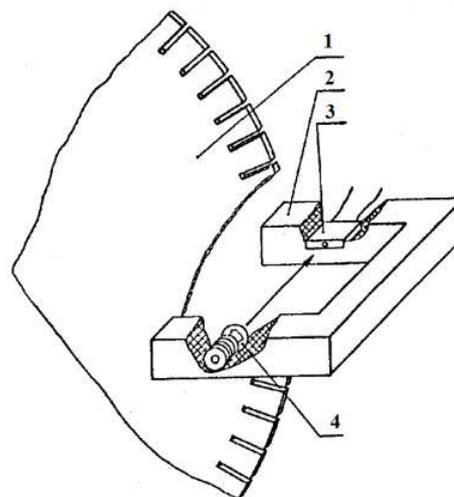


Рис. 1

При измерении угловой скорости главного вала используют два жестко скрепленных друг с другом с помощью винта датчика. В этом случае необходимо строго фиксировать угловое расстояние между фотодиодами датчиков относительно центра вращения главного вала. Прорези диска 1, за исключением одной, заклеиваются.

Так как диск жестко соединен с главным валом станка, то каждой прорези соответствует строго определенное положение главного вала. Открывая щели по порядку и изменяя временной интервал между импульсами двух датчиков, можно найти усредненные значения скорости вращения главного вала, близкие к мгновенным, по формуле

$$\omega = \frac{1}{\Delta t} \arctg \frac{\ell}{r_1}, \quad (6)$$

где ℓ – расстояние между фотодатчиками; r_1 – расстояние от центра вращения до фотодиода; Δt – время отсчета.

Известно, что в системе формирования сигнала точность тем выше, чем больше отношение расстояния между датчиками к ширине щели диска. Ширина щели ограничена размерами световоспринимающего слоя фотодиода. Чем точнее совпадают эти размеры, тем меньше время импульса, которое в нашем случае является абсолютной погрешностью.

С другой стороны, усредненные значения угловой скорости будут тем ближе к мгновенным, чем меньше отношение ℓ к r_1 , что следует из формулы (6).

Величина r_1 ограничивается только конструктивными особенностями исследуемого механизма и должна выбираться максимально большой. Расстояние же между датчиками ℓ , с одной стороны, желательно увеличить, а с другой – уменьшить. Известно, что при формировании сигнала минимально допустимое отношение расстояния между датчиками к ширине щели равно десяти. Из циклограммы работы можно заключить, что усреднение скорости в пределах 5° поворота главного вала не скажется на качественной картине.

Количественная же оценка показала, что погрешность не превысит 10% от значения мгновенной скорости.

Для замера интервала времени между импульсами датчиков угловой скорости использовали электронный частотомер ЧЗ-33, работавший импульсами от одного из датчиков и останавливающийся по при-

ходу импульса от второго датчика. Для каждого из положений главного вала проводили 25 равнозначных независимых измерений.

Проведено экспериментальное определение угловой скорости главного вала ткацкого станка СТБ4-175КН с заправкой: основа №20, х/б; уток №8, х/б.

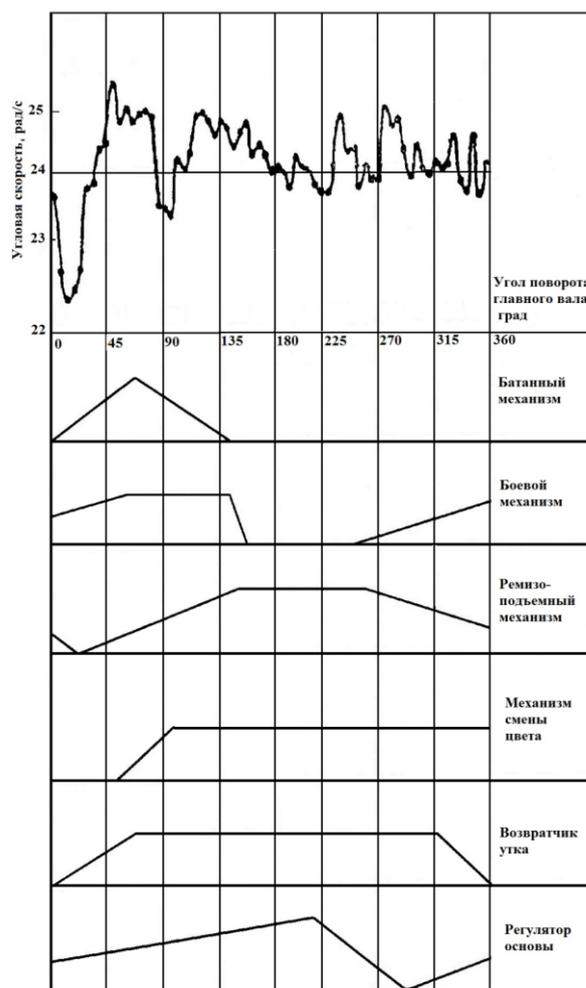


Рис. 2

На рис. 2 показан совмещенный с циклограммой работы отдельных механизмов ткацкого станка СТБ график угловой скорости главного вала $\omega = \omega(\alpha_{\text{гл.в.}})$. Как видно из совмещенного графика $\omega = \omega(\alpha_{\text{гл.в.}})$ (рис. 2), наибольшие колебания угловой скорости главного вала происходят в диапазоне от 0 до 140° по циклограмме работы станка. Именно на этом участке происходит интенсивная работа батанного механизма, боевого механизма,

ремизоподъемного механизма, механизма смены цвета, возвратчика утка, регулятора основы.

ВЫВОДЫ

1. Совмещенный график угловой скорости главного вала с циклограммой работы механизмов ткацкого станка СТБ позволяет выявить наиболее нагруженные механизмы и скорректировать ход экспериментальных исследований согласно циклограмме работы станка СТБ.

2. Для снижения коэффициента неравномерности вращения главного ткацкого станка СТБ предлагается уменьшить люфты между роликами и кулачками в батанной коробке.

3. Для снижения динамических нагрузок в батанном механизме: не закручивать торсионный вал боевого механизма на угол более 30 градусов; не превышать угол раскрытия зева ремизоподъемным механизмом на угол более 22 градусов; уменьшить люфты в шестернях основного регулятора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Уалиев Г.У., Джомартов А.А. Динамика механизмов ткацких станков-автоматов СТБ. – Алматы, 2003.
2. Коритыцкий Я.И. и др. Приборы и установки для исследования текстильных машин. – М.: Машгиз, 1958.
3. Джолдасбеков У.А., Уалиев Г.У., Гецевлев В.Г. Методические пособия по экспериментальным методам исследования машин. – Алма-Ата, 1975.
4. Тензометрия в машиностроении: Справочное пособие / Под ред. Р.А. Макарова. – М.: Машиностроение, 1975.
5. Калиткин Н.Н. Численные методы. – М., 1978.

REFERENCES

1. Ualiev G.U., Dzhomartov A.A. Dinamika mehanizmov tkackih stankov-avtomatov STB. – Almaty, 2003.
2. Koritysskij Ja.I. i dr. Pribory i ustanovki dlja issledovanija tekstil'nyh mashin. – M.: Mashgiz, 1958.
3. Dzholdasbekov U.A., Ualiev G.U., Gecelev V.G. Metodicheskie posobija po jeksperimental'nyh metodam issledovanija mashin. – Alma-Ata, 1975.
4. Tenzometrija v mashinostroenii: Spravochnoe posobie / Pod red. R.A. Makarova. – M.: Mashinostroenie, 1975.
5. Kalitkin N.N. Chislennye metody. – M., 1978.

Рекомендована Ученым советом РГП. Поступила 04.04.15.