

**ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ МЕХАНИЗМОВ  
С УЧЕТОМ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ВРАЩЕНИЯ  
ПРИВОДНОГО ВАЛА**

**KINEMATICS RESEARCH OF MECHANISMS  
WITH ALLOWANCE FOR IRREGULARITY IN SPEED ROTATION  
OF DRIVE SHAFT**

*В.А. ГРИГОРЬЕВ, В.И. ТЕРЕНТЬЕВ*  
*V.A. GRIGOREV, V.I. TERENCEV*

(Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))  
(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))  
E-mail: homo\_87@mail.ru

*В статье рассмотрена возможность получения уравнений кинематики зевообразовательного механизма, включающих в себя параметр угловой скорости в форме зависимости, соответствующей переменной частоте вращения главного вала ткацкой машины в течение одного оборота. Зависимость, описывающая частоту вращения главного вала, получена на основе экспериментальных данных записи частоты вращения, усредненных по нескольким оборотам, в виде аппроксимирующей зависимости. Аппроксимирующая зависимость для угловой скорости главного вала ткацкой машины была построена с использованием приближающих ортогональных полиномов Чебышева.*

*This paper relates to a method providing equation of kinematics for a shedding mechanism including angular velocity parameter described as dependence of variable rotation frequency per one turn of loom main. This dependence has been obtained based on experimental data of the rotation frequency by approximation using the Chebyshev orthogonal polynomials.*

*According to the obtained equations of kinematics the angular velocity and angular acceleration of output arm of drive for the shedding mechanism were calculated.*

**Ключевые слова:** аппроксимация, ортогональный полином, привод, ткацкая машина, уравнение кинематики.

**Keywords:** approximation, orthogonal polynomials, drive, loom, equation of kinematics.

Кинематические исследования узлов ткацкой машины, в частности зевообразовательного механизма, проводятся обычно с использованием аналитических зависимостей, в которых параметр частоты вращения приводного вала является постоянной величиной. На практике частота вращения приводного вала переменна как в течение одного оборота, так и от оборота к обороту. Задача получения аналитической фор-

мы кинематических зависимостей с учетом неравномерности вращения приводного вала затруднена ввиду того, что изменение угловой частоты вращения приводного вала в течение одного оборота (неравномерность вращения), носит характер изменения случайной величины.

Вместе с тем при решении частных задач расчета конкретного вида механизма можно установить вероятностную зависи-

мость неравномерности частоты вращения приводного вала на основе экспериментальных данных, которые отражают относительно устойчивую закономерность их распределения в течение одного оборота. При этом точность расчетов по полученной аналитической зависимости во многом зависит от вида аппроксимирующей функции, определяемой методом аппроксимации данных.

Наиболее практичными являются функции на основе полиномов, которые удобны для операций, связанных с дифференцированием и интегрированием. Как показал анализ экспериментальной кривой неравномерности вращения приводного вала, среди известных аппроксимирующих функций хорошее соответствие данным эксперимента показывают функции, полученные с использованием ортогональных полиномов Чебышева.

При аппроксимации разложение по полиномам Чебышева имеет меньшую абсолютную ошибку по сравнению с другими методами, например, методом наименьших квадратов. Согласно способу Чебышева приближающий многочлен ищется в виде суммы многочленов повышающих степеней [1]:

$$y = a_0\phi_0(x) + a_1\phi_1(x) + a_2\phi_2(x) + \dots + a_r\phi_r(x),$$

где  $\phi_r(x)$  есть многочлен степени  $r$  вида

$$\phi_r(x) = x^r + \alpha_1^{(1)}x^{r-1} + \dots, \text{ в котором}$$

$$a_r = \frac{\sum y_i\phi_r(x_i)}{\sum [\phi_r(x_i)]^2} \quad (r = 0, 1, 2, \dots).$$

Причем при повышении степени многочлена добавление новых слагаемых не требует изменения коэффициентов при предыдущих.

Кинематический анализ с использованием аппроксимирующей зависимости неравномерности вращения главного вала ткацкой машины, входящий в уравнения кинематики, был выполнен для зевобразовательного механизма ткацкой машины СТБ.

По результатам обработки экспериментальных данных неравномерности вращения в течение нескольких оборотов главного вала ткацкой машины СТБ были получены усредненные данные для одного оборота, по которым определялся аппроксимирующий многочлен по способу Чебышева, в котором количество членов устанавливалось из условия, что расчетные значения, которые отстоят от математического ожидания более чем на  $q$  среднеквадратических отклонений, составляет менее  $1/q^2$ :

$$\tilde{\omega}(\phi_i) = \omega_0 + k_1\phi_i + k_2\phi_i^2 + \dots + k_{n-1}\phi_i^{n-1}. \quad (1)$$

Для частоты вращения  $\omega_{г.в} = 23,3 \text{ с}^{-1}$  была построена кривая изменения частоты вращения в течение одного оборота, полученная по усредненным экспериментальным значениям десяти оборотов главного вала ткацкой машины (рис. 1).

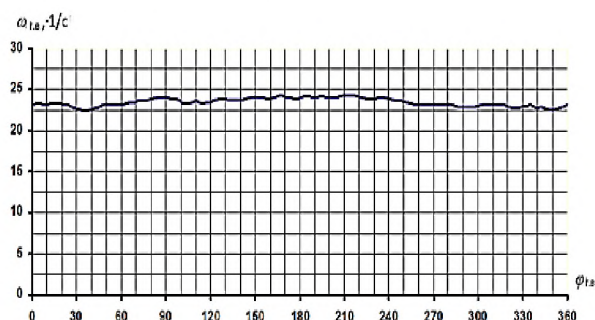


Рис. 1

Аппроксимирующий многочлен, удовлетворяющий принятому критерию, имеет вид:

$$\tilde{\omega}(\phi_i) = -0,1139\phi_i^2 + 0,7956\phi_i + 22,7276. \quad (2)$$

Статистическая средняя скорость одного оборота главного вала составляет  $\omega_{ср} = 23,4582 \text{ с}^{-1}$ .

Введение в расчетные уравнения кинематики выходного звена силового привода при синусоидальном законе движения угловой частоты вращения в форме зависимости (1) с тремя членами приводит к следующим уравнениям для скорости и ускорения.

Угловая скорость выходного звена:

$$\omega_{вз} = \frac{\beta_d}{\phi_d} (\omega_0 + k_1 \phi_i + k_2 \phi_i^2) \left[ 1 - \cos \left( 2\pi \frac{\phi_i}{\phi_d} \right) \right], \quad (3)$$

в котором  $\phi_i$  – текущий угол поворота

$$\varepsilon_{вз} = \frac{\beta_d}{\phi_d} \left\{ \varepsilon_1 \omega_1 \left[ 1 - \cos \left( 2\pi \frac{\phi_i}{\phi_d} \right) \right] + \omega_1^2 \frac{2\pi}{\phi_d} \sin \left( 2\pi \frac{\phi_i}{\phi_d} \right) \right\}, \quad (4)$$

где  $\varepsilon_1 = k_1 + 2k_2 \phi_i$ .

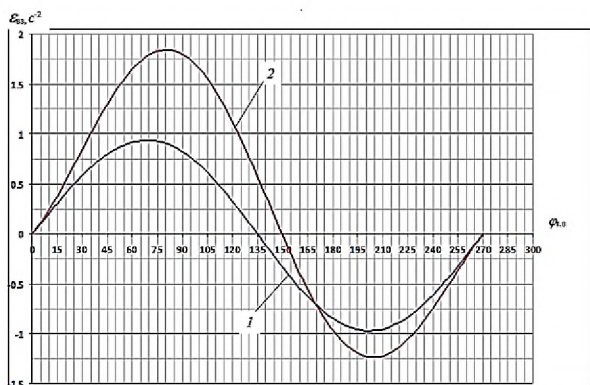


Рис. 2

Расчет численных значений ускорения выходного звена силового привода механизма ремизного движения по формуле (4) показывает их существенные отличия по величине от значений без учета неравномерности вращения главного вала ткацкой машины.

На рис. 2 представлены кривые изменения ускорений при постоянной частоте вращения главного вала (кривая 1) и с учетом неравномерности вращения (кривая 2). В частности, максимальное значение ускорения кривой 2 примерно в 1,96 раза превышает максимальное значение ускорения кривой 1.

## ВЫВОДЫ

1. Получены уравнения кинематики, содержащие параметр, учитывающий неравномерность вращения главного вала ткацкой машины, и в форме аппроксимирующей зависимости описывающие час-

тоту вращения главного вала, на основе экспериментальных данных записи частоты вращения главного вала. Аппроксимирующая зависимость для частоты вращения главного вала ткацкой машины была построена с использованием приближающих ортогональных полиномов Чебышева второй степени.

2. По полученным уравнениям кинематики проведены расчеты угловой скорости и углового ускорения выходного звена силового привода зевобразовательного механизма. Сравнение максимальных значений ускорений для двух условий расчета, при постоянной частоте и с учетом переменной частоты вращения главного вала, показало более высокие максимальные ускорения по представленным в статье уравнениям, которые значительно ближе к результатам, полученным экспериментально.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гутер Р.С., Овчинский Б.В. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта. – М.: Наука, 1970.

## REFERENCES

1. Guter R.S., Ovchinski B.V. Elementy chislenogo analiza i matematicheskoi obrabotki rezultatov opyta. – M.: Nauka, 1970.

Рекомендована кафедрой технологических машин и мехатронных систем. Поступила 15.03.17.