

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНА ИЗМЕНЕНИЯ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ГЛАВНОГО ВАЛА ТКАЦКИХ СТАНКОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ТИПА СТР

Самойлов Д.К., Тувин А.А.

Самойлов Даниил Константинович, Тувин Александр Алексеевич  
Ивановский государственный политехнический университет,  
г. Иваново, Россия. 153000, Ивановская область, г. Иваново, пр. Шереметевский, 21.  
Email: gendalf\_37@mail.ru, tuvin1958@mail.ru

*Для анализа динамических процессов ткацкого станка нужно знать закон изменения угловой скорости главного вала. Рассмотрены вопросы разработки математической модели, алгоритма, блок-схемы и программы расчета закономерности изменения угловой скорости, величины неравномерности вращения главного вала станка типа СТР-100-М. Приведен график изменения угловой скорости главного вала станка, позволяющий определить неравномерность вращения главного вала станка.*

**Ключевые слова:** ткацкий станок, привод станка, математическая модель, расчетная схема, алгоритм расчета, неравномерность вращения

## DETERMINATION OF THE LAW OF CHANGE OF ANGULAR VELOCITY OF THE MAIN SHAFT OF SPECIAL PURPOSE WEAVING MACHINES TYPE STR

Samoilov D.K., Tuvin A.A.

Samoilov Daniil Konstantinovich, Tuvin Alexander Alekseevich  
Ivanovo State Polytechnic University,  
Ivanovo, Russia. 153000, Ivanovo region, Ivanovo, Sheremetevsky ave., 21.  
Email: gendalf\_37@mail.ru, tuvin1958@mail.ru

*To analyze dynamic processes of a weaving machine it is necessary to know the law of change of angular speed of the main shaft. The questions of development of mathematical model, algorithm, block diagram and program of calculation of the law of change of angular velocity, the value of unevenness of rotation of the main shaft of the machine type STR-100-M are considered. The graph of change of angular velocity of the main shaft of the machine tool is given, which allows to determine the unevenness of rotation of the main shaft of the machine tool.*

**Keywords:** weaving machine, machine drive, mathematical model, calculation scheme, calculation algorithm, unevenness of rotation

Известно [1-3], что при установившемся режиме работы угловая скорость  $\omega_1$  главного вала (начального звена) ткацкого станка хоть и остается в среднем постоянной величиной  $\omega_{cp}$ , но внутри цикла изменяется, проходя через максимальное  $\omega_{1max}$  и минимальное  $\omega_{1min}$  значения. Величина средней скорости  $\omega_{cp}$  определяется по формуле:

$$\omega_{cp} = (\omega_{1max} + \omega_{1min}) / 2, \quad (1)$$

Тогда неравномерность вращения главного вала оценивается коэффициентом неравномерности  $\delta$ :

$$\delta = (\omega_{1max} - \omega_{1min}) / \omega_{cp}, \quad (2)$$

Из выражения (2) видно, что  $\delta$  - характеризует размах колебаний угловой скорости по от-

ношению к ее среднему значению. Чем меньше  $\delta$ , тем меньше размах колебаний угловой скорости вращения главного вала за один цикл работы станка, тем спокойнее вращается начальное звено.

Благоприятным условием для работы ткацких станков является абсолютно равномерное вращение их главного вала. Колебания скорости главного вала вызывают дополнительные динамические нагрузки, вследствие чего снижается ресурс работы и надежность станков. Более того, колебания угловой скорости ухудшают рабочий процесс машины. В связи с тем, что колебания угловой скорости полностью устранить нельзя, то нужно по возможности хотя бы сократить их размах, то есть величину коэффициента неравномер-

ности  $\delta$  надо сделать приемлемо малой. Чтобы снизить неравномерность вращения главного вала используются различные методы:

- снижение влияния переменности приведенного момента инерции (уменьшением масс и моментов инерции масс звеньев исполнительных механизмов, приведенный момент инерции которых зависит от обобщенной координаты);

- установка на валах станка аккумуляторов или регуляторов кинетической энергии - маховиков;

- активное регулирование скорости с использованием систем автоматического управления, включая и компьютерное управление.

В работе [4] установлено, что наибольшее значение, приведенного к оси вала двигателя ткацкого станка момента инерции массы, имеют рапирный и батанный механизмы, а так же элементы привода станка. У таких исполнительных механизмов как зевобразовательный, товарный эта величина значительно меньше. Поэтому при расчете неравномерности вращения главного вала станка учтены инерционные свойства самого главного вала и жестко связанных с ним звеньев привода исполнительных механизмов.

На рис. 1 и 2 приведены расчетные схемы рапирного и батанного механизмов.

Для расчета, приведенного к валу двигателя момента инерции масс рапирного и батанного механизмов, и элементов привода станка составим выражение:

$$J(\varphi) = J_p + J_{CT} i_1^2 + (J_B + J_{II}) i_2^2, \quad (3)$$

где  $J_p$  - момент инерции массы ротора электродвигателя совместно с приводным шкивом;

$J_{CT}$  - момент инерции звеньев привода от ротора двигателя к главному валу станка;

$J_B$  - момент инерции главного вала станка в сборе;

$J_{II}$  - приведенный к главному валу момент инерции масс звеньев батанного и рапирного механизмов;

$i_1, i_2$  - соответственно передаточное отношение от ротора к промежуточному механизму привода главного вала и от ротора до главного вала.

Момент инерции масс звеньев рапирного и батанного механизмов приведенный к оси главного вала станка имеет следующее выражение:

$$J_{II} = J_1(\varphi_1')^2 + m_2(S_2')^2 + J_{S_2}(\varphi_2')^2 + J_3(\varphi_3')^2 + J_6(\varphi_6')^2 + m_7(S_7')^2 + J_{S_7}(\varphi_7')^2 + J_8(\varphi_8')^2 + J_{S_{10}}(\varphi_{10}')^2 + m_{10}(S_{10}')^2 + m_B(S_B')^2 + m_A(S_A')^2, \quad (4)$$

где:  $J_{II}, J_{S_{II}}$  - момент инерции массы  $i$ -го звена относительно оси вращения и центра масс соответственно;

$S_i', m_i$  - соответственно аналог линейной скорости центра масс и масса  $i$ -го звена;

$\varphi_i'$  - аналог угловой скорости  $i$ -го звена.

Продифференцируем уравнение (4) по обобщенной координате, после преобразований, получим:

$$J'_{II} = 2I_1\varphi_1'' + m_2 \frac{d}{d\varphi_1} [(S_2')^2] + 2J_{S_2}\varphi_2'\varphi_2'' + 2J_1\varphi_3'\varphi_3'' + 2J_6\varphi_6'\varphi_6'' + m_7 \frac{d}{d\varphi_1} [(S_7')^2] + 2J_{S_7}\varphi_7'\varphi_7'' + 2J_8\varphi_8'\varphi_8'' + 2J_{S_{10}}\varphi_{10}'\varphi_{10}'' + m_{10} \frac{d}{d\varphi_1} [(S_{10}')^2] + m_B \frac{d}{d\varphi_1} [(S_B')^2] + m_A \frac{d}{d\varphi_1} [(S_A')^2], \quad (5)$$

где:  $\varphi_i''$  - аналог углового ускорения  $i$ -го звена.

В таком случае величина производной приведенного к оси вала двигателя момента инерции масс звеньев рапирного и батанного механизмов по углу поворота ротора равна:

$$J'(\varphi) = J'_{II} i_2^2, \quad (6)$$

Для расчета закономерности изменения угловой скорости главного вала металлткацкого станка СТР-100-М разработана программа с применением пакета прикладных подпрограмм кинематического, силового и динамического анализа [5]. Укрупненная блок-схема данного расчета приведена на рис. 3.

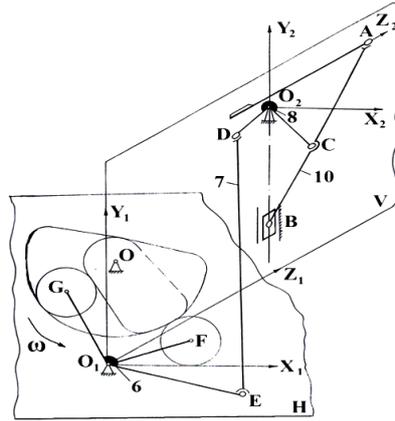


Рис. 1. Расчетная схема механизма прокладывания утка станка СТР-100-М  
 Fig. 1. Design diagram of the weft laying mechanism of the STR-100-M machine

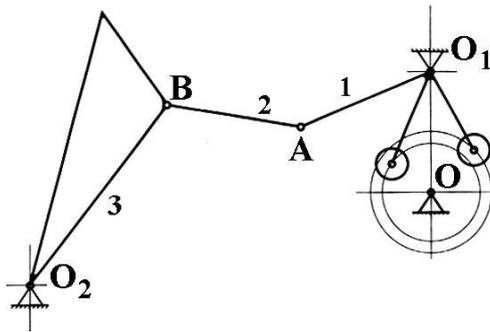


Рис. 2. Расчетная схема механизма батанного механизма станка СТР-100-М  
 Fig. 2. Design diagram of the drum mechanism of the STR-100-M machine

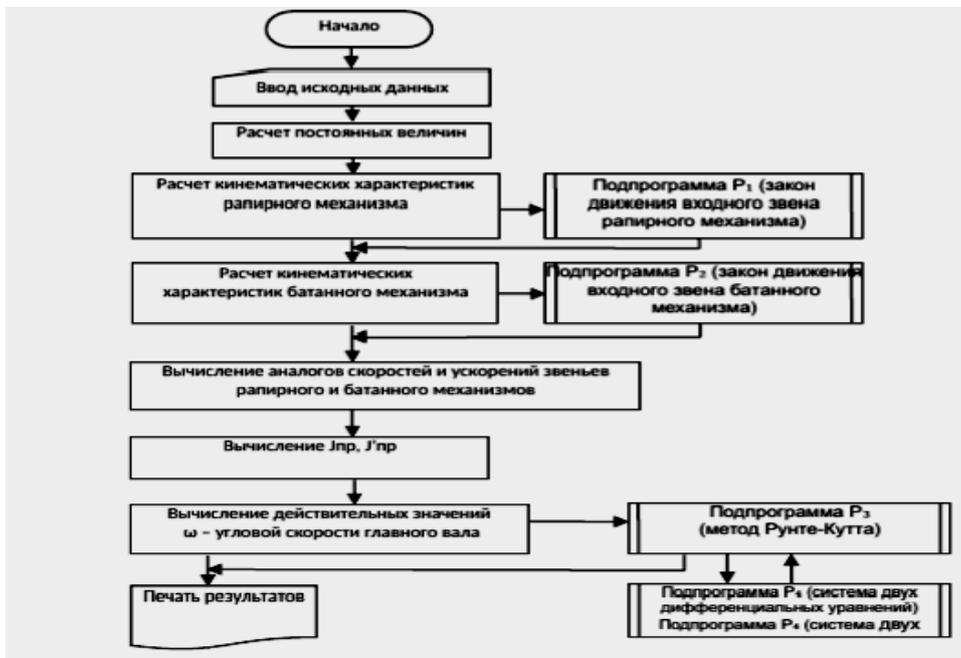


Рис. 3. Укрупненная блок-схема расчета угловой скорости вращения главного вала станка СТР-100-М

Fig. 3. Enlarged block diagram for calculating angular velocity of rotation main shaft of the STR-100-M machine

При проведении численных расчетов начальные значения угловой скорости ротора и момента двигателя ориентировочно принимаются равными их номинальным значениям. Расчеты производятся до тех пор, пока величины значений угловой скорости ротора и момента двигателя в

начале и конце цикла работы не будут совпадать с заданной точностью. Анализ результатов расчета показал, что заданная точность достигается уже на третьем цикле вычислительного процесса. Цикл расчета равен одному обороту главного вала.

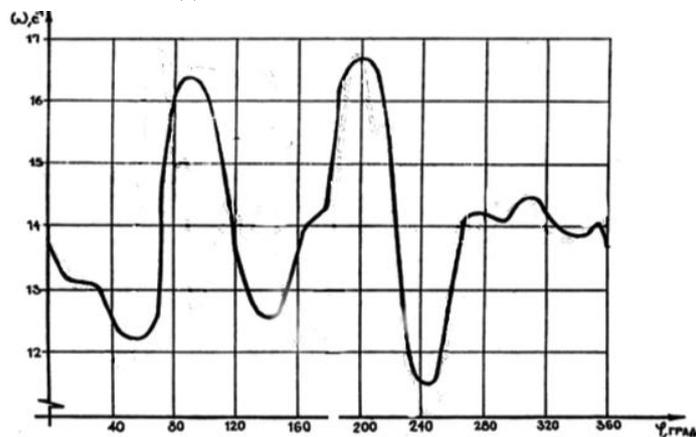


Рис.4. Результаты расчета угловой скорости вращения главного вала за один цикл работы станка СТР -100-М

Fig. 4. Results of calculation of the angular speed of rotation of the main shaft for one cycle of operation of the STR-100-M machine

График результатов расчетов угловой скорости вращения главного вала за один цикл работы станка СТР -100-М приведен на рис. 4.

Результаты расчета позволили сделать вывод о том, что станки СТР-100-М относятся к машинам с неравномерным установившимся режимом работы. График изменения угловой скорости главного вала носит сложный характер и отражает динамические процессы, протекающие в станке.

Коэффициент неравномерности  $\delta$  вращения главного вала станка равен 37,2 % при угловой скорости 123 мин<sup>-1</sup>.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.*

*The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Тувин А.А., Смирнов А.Н., Бонокин В.В., Шляпугин Р.В., Пирогов Д.А., Селезнев С.В.** Кинематический и динамический анализ плоских рычажных механизмов: учеб. пособие. Иваново: ИВГПУ, 2017. 112 с.
2. **Коритыцкий Я.И.** Динамика упругих систем текстильных машин. М.: Легкая и пищевая промышленность. 1982. 272 с.
3. **Вульфсон И.И.** Колебания машин с механизмами циклового действия. Л.: Машиностроение. 1990. 309 с.
4. **Самойлов Д.К., Тувин А.А.** Разработка динамической модели механической системы станок – электродвигатель для металлорежущих станков типа СТР. *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение.* 2024. № 1. С. 91-94. DOI: 10.6060/snt.20247701.00012
5. **Тувин А.А., Шляпугин Р.В., Пирогов Д.А.** Автоматизированный расчет кулачково-стержневых механизмов: учеб. пособие для студ. направления подгот. бакалавров 15.03.02 Технологические машины и оборудование. Иваново: ИВГПУ, 2018. 224 с.

#### REFERENECES

1. **Tuvin A.A., Smirnov A.N., Bonokin V.V., Shlyapugin R.V., Pirogov D.A., Seleznev S.V.** Kinematic and dynamic analysis of flat lever mechanisms: textbook. Ivanovo: IvSPU, 2017. 112 p.
2. **Korityssky J.I.** Dynamics of elastic systems of textile machines. M.: Light and food industry. 1982. 272 p.
3. **Vulfson I.I.** Vibrations of the mechanisms of the cyclic action. L.: Mashinostroenie. 1990. 309 p.
4. **Samoilov D.K., Tuvin A.A.** Development of a dynamic model of the mechanical system machine - electric motor for the metal-weaving machines of the STR type. *Modern high technology. Regional application.* 2024. № 1. P. 91-94. DOI: 10.6060/snt.20247701.00012 (in Russian)
5. **Tuvin A.A., Shlyapugin R.V., Pirogov D.A.** Automated calculation of cam-and-rod mechanisms: a textbook for students of the direction of preparation of bachelors 15.03.02 Technological machines and equipment. Ivanovo: IvSPU, 2018. 224 p.

Поступила в редакцию(Received) 17.12.2024  
Принята к опубликованию (Accepted)20.01.2025