

УДК 677.054.842

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ БОЕВЫМ МЕХАНИЗМОМ ЧЕЛНОЧНОГО ТКАЦКОГО СТАНКА ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ТКАНЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

¹Гречин В.А., ¹Тувин А.А., ²Гущин А.В.

¹ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный политехнический университет»
(Текстильный институт ИВГПУ), Иваново, e-mail: GrechinVA@yandex.ru;

²ООО «Текмал», Шуя, e-mail: Lipanov@bk.ru

Проведен кинематический анализ боевого механизма челночного ткацкого станка для выработки тканей специального назначения, а также описано и решено уравнение свободного полета челнока. На основании проведенных исследований получены зависимости потребления энергии боевым механизмом станка и даны рекомендации по оптимизации ее затрат и выбору привода боевого механизма. Для проведения данного анализа и упрощения процесса оптимизации, а также для обеспечения согласованной работы механизмов прибора и прокладывания утка в компьютерной среде составлена программа, учитывающая при расчетах зависимость между изменениями параметров массы, скорости полета челнока и частоты вращения главного вала станка. Выявлено, что для исследуемой конструкции механизма прокладывания утка следует применять челнок массой, равной 0,5 кг, для которого показатель требуемой мощности на прокладывание челнока минимален и варьируется в зависимости от частоты вращения главного вала в пределах 0,05...0,1 кВт.

Ключевые слова: ткацкий станок, боевой механизм, кинематический анализ, оптимизация, энергия

OPTIMIZATION OF ENERGY COSTS MARTIAL MECHANISM OF THE SHUTTLE WEAVING MACHINE FOR PRODUCTION OF FABRICS OF SPECIAL PURPOSE

¹Grechin V.A., ¹Tuvin A.A., ²Guschin A.V.

¹Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo, e-mail: GrechinVA@yandex.ru;

²LLC «Tekmal», Shuya, e-mail: Lipanov@bk.ru

Held kinematic analysis of combat mechanism of the Shuttle weaving machine for production of fabrics of special purpose, as well as described and solved the equation of free flight of the Shuttle. Based on studies of the dependence of energy consumption martial mechanism of the machine and the recommendations on optimization of its costs and the choice of drive fighting mechanism. To conduct this analysis and simplification of process optimization, as well as to ensure coordinated work of mechanisms of the surf and paving the duck, in a computer environment program has been developed, taking into account in the calculations of the dependence between the changes of parameters of mass, speed of flight of the Shuttle and frequency of rotation of main shaft of the machine. It is revealed that for the design of the mechanism of paving the duck should apply the Shuttle mass equal to 0,5 kg for which the index of the required power for paving the Shuttle is minimal and varies depending on the rotational speed of the main shaft within 0,05...0,1 kW.

Keywords: loom, fighting mechanism, kinematic analysis, optimization, energy

На сегодняшний момент в текстильной отрасли особое внимание уделяется ткацким станкам, способным удовлетворять потребности современной промышленности в тканях технического и специального назначения. Рассмотрим общую схему конструкции боевого механизма ткацкого станка для выработки технических многослойных тканей, состоящих из угля и стекловолокон (рис. 1). Механизм работает следующим образом:

ведущий шкив 1, расположенный на электродвигателе, посредством ременной передачи приводит в движение промежуточный шкив 2, который соединен ременной передачей 4 с натяжным шкивом 3. Погонялка 5 кинематически связана с ременной передачей 4, что при работе механизма обеспечивает ее перемещение. В свою очередь погонялка 5 разгоняет челнок 6 и обеспечивает его прокидку на другую сторону станка.

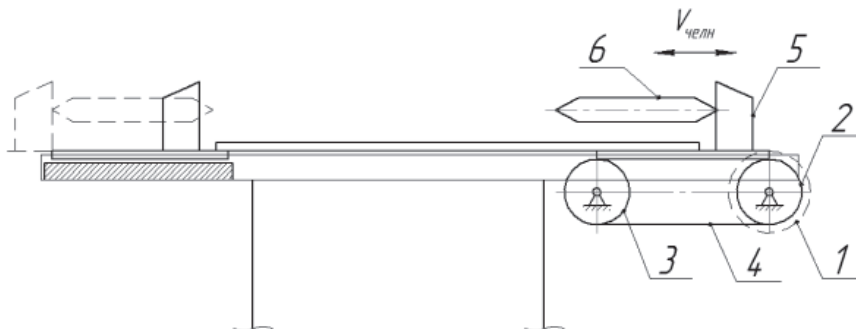


Рис. 1. Общая схема конструкции боевого механизма станка для выработки технических тканей

Цикловая диаграмма движения челнока представлена на рис. 2, в которой процесс движения челнока состоит из следующих фаз: разгон – полет – торможение – выстой.

$$\alpha_{\text{разг}} + \alpha_{\text{пол}} + \alpha_{\text{торм}} + \alpha_{\text{выст}} = 180^\circ.$$

Рассмотрим уравнение свободного полета челнока:

$$\Delta E = \Delta A, \quad (1)$$

отсюда

$$m \frac{V_{\text{н}}^2 - V_{\text{к}}^2}{2} = mgfL_{\text{п}}, \quad (2)$$

где m – масса челнока; $V_{\text{н}}$ – начальная скорость полета челнока; $V_{\text{к}}$ – конечная скорость полета челнока; g – ускорение свободного падения; f – коэффициент трения челнока по склизу батана; $L_{\text{п}}$ – длина свободного полета челнока.

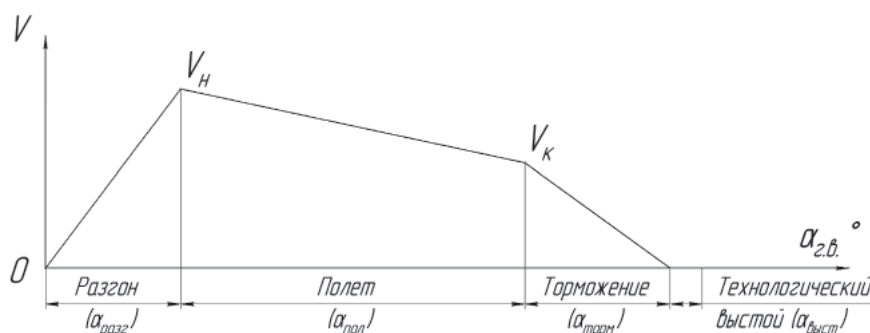


Рис. 2. Цикловая диаграмма движения челнока

С другой стороны:

$$m\dot{x} = -mgf; \quad (3)$$

$$m(V_{\text{к}} - V_{\text{н}}) = -mgft_{\text{п}}, \quad (4)$$

где $t_{\text{п}}$ – время свободного полета челнока.

Объединяя выражения (2) и (4), получим:

$$V_{\text{н}} = \frac{L_{\text{п}}}{t_{\text{п}}} + 0,5 gft_{\text{п}} \text{ и } V_{\text{к}} = \frac{L_{\text{п}}}{t_{\text{п}}} - 0,5 gft_{\text{п}}; \quad (5)$$

$$L_{\text{п}} = L + a + h_{\text{мр}} - L_{\text{р}} - b,$$

где L – длина челнока; $h_{\text{м}}$ – ширина заправки станка; $L_{\text{р}}$ – длина разгона челнока; a – расстояние от «носика» челнока в момент отрыва от погонялки до входа в зев; b – положение «носика» челнока в момент начала торможения челнока.

$$t_{\text{п}} = \frac{\alpha_{\text{разг}}}{6n},$$

где n – частота вращения главного вала станка.

Уравнение движения челнока в режиме разгона имеет вид:

$$m_{\text{пр}}\ddot{x} = P_{\text{дв}} - mgf, \quad (6)$$

где $P_{\text{дв}}$ – движущая сила;

$$m_{\text{пр}} = m + m_1,$$

где m_1 – приведенная масса системы привода.

Предположим, что время контакта погонялки с челноком минимально, т.е. движущая сила, действующая на челнок в этот промежуток времени, изменяется незначи-

тельно, поэтому принимаем ее постоянной величиной $P_{\text{дв}} = \text{const}$.

Тогда из уравнения (6) имеем:

$$P_{\text{дв}} = m_{\text{пр}} \frac{V_{\text{н}}}{t_{\text{п}}} + mgf. \quad (7)$$

Максимальная мощность, потребляемая на прокладывание челнока, равна $N = P_{\text{дв}} V_{\text{н}}$.

По цикловой диаграмме (рис. 2) на фазу боя челнока отводится $\alpha_{\text{разг}}$ угла поворота главного вала, что при его частоте вращения главного вала n составляет:

$$t = \frac{\alpha_{\text{разг}}}{\omega}.$$

Для обеспечения полета челнока через зев необходимо придать ему начальную скорость $V_{\text{н}}$, для чего требуется иметь угловую скорость ремня, охватывающего промежуточный и натяжной шкивы (поз. 2 и 3, рис. 1), определяемую из выражения:

$$\omega_2 = \frac{V_{\text{н}}}{R_2}, \quad (8)$$

где R_2 – радиус промежуточного шкива (поз. 2 рис. 1).

Угловая скорость ведущего шкива (поз. 1, рис. 1) равна

$$\omega_1 = \omega_2 \frac{R_2}{R_1},$$

где R_1 – радиус ведущего шкива (поз. 1, рис. 1).

Принимая в первом приближении линейный закон изменения угловой скорости

ротора двигателя в процессе разбега, найдем величину углового ускорения ротора:

$$\varepsilon = \frac{\omega_1}{t}. \quad (9)$$

$$0,5J_{\text{пр}}\omega_1^2 = 0,5(m_{\text{лин.перем}}V^2 + m_{\text{ремней}}V^2 + m_{\text{челн}}V^2 + J_{\text{рот}}\omega_1^2 + J_1\omega_1^2 + J_2\omega_2^2 + J_3\omega_2^2), \quad (10)$$

где $J_{\text{пр}}$ – момент инерции массы ротора сервопривода; J_1 – момент инерции массы ведущего шкива (поз. 1, рис. 1); J_2 – момент инерции массы промежуточного шкива (поз. 2, рис. 1); J_3 – момент инерции массы натяжного шкива (поз. 3, рис. 1);

Учитывая, что $V = \omega_2 R_2$, определим:

$$J_{\text{пр}} = R_1^2 (m_{\text{лин.перем}} + m_{\text{ремней}} + m_{\text{челн}}) + J_{\text{рот}} + J_1 + J_2 \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2 + J_3 \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2. \quad (11)$$

Зная приведенный момент инерции масс механизма, определим величину приведенного к оси двигателя крутящего момента:

$$M_{\text{пр}} = J_{\text{пр}} \varepsilon. \quad (12)$$

Отсюда максимальная потребляемая механизмом мощность за цикл равна

$$N = M_{\text{пр}} \omega.$$

Для ткацкого станка с заправочной шириной 160 см (на 10 тыс. нитей основы в заправке) разработана программа для определения требуемой мощности на

Приведенный к оси ротора момент инерции звеньев механизма боя челнока определим из условия равенства кинетических энергий действительной и упрощенной систем:

прокидку челнока, а также его скорости в зависимости от частоты вращения главного вала ($\alpha_{\text{разг}} = 40^\circ$, $\alpha_{\text{выст}} = 5^\circ$, $\alpha_{\text{торм}} = 25^\circ$). При расчетах частота вращения главного вала варьировалась в диапазоне 50...100 об./мин.

На рис. 3 изображен график зависимости скорости полета челнока от частоты вращения главного вала, из которого видно, что при увеличении частоты вращения главного вала в диапазоне 50...100 об./мин для согласованной работы механизмов станка требуется увеличивать скорость прокидки челнока в диапазоне 5...9,5 м/с.

На рис. 4 изображен график зависимости требуемой мощности на прокидку челнока от частоты вращения главного вала станка при массах челнока равных: 0,5; 0,6; 0,66 кг. В связи с тем, что меньшая масса челнока обеспечивает наиболее стабильную работу боевого механизма, а также требуется меньшая мощность для работы механизма (0,05...0,1 кВт), на практике принят челнок с массой 0,5 кг, что с точки зрения экономических показателей дает положительный результат при выборе привода боевого механизма.



Рис. 3. График изменения скорости полета челнока в зависимости от частоты вращения главного вала ткацкого станка

Выводы

1. Разработана методика аналитического расчета кинематических параметров боевого механизма прокладывания утка челночного ткацкого станка для выработки тканей специального назначения.

2. Составлена программа кинематического расчета боевого механизма, с помощью которой за счет варьирования массовых характеристик челнока обеспечена согласованная работа механизмов прибора и прокладывания утка ткацкого станка.

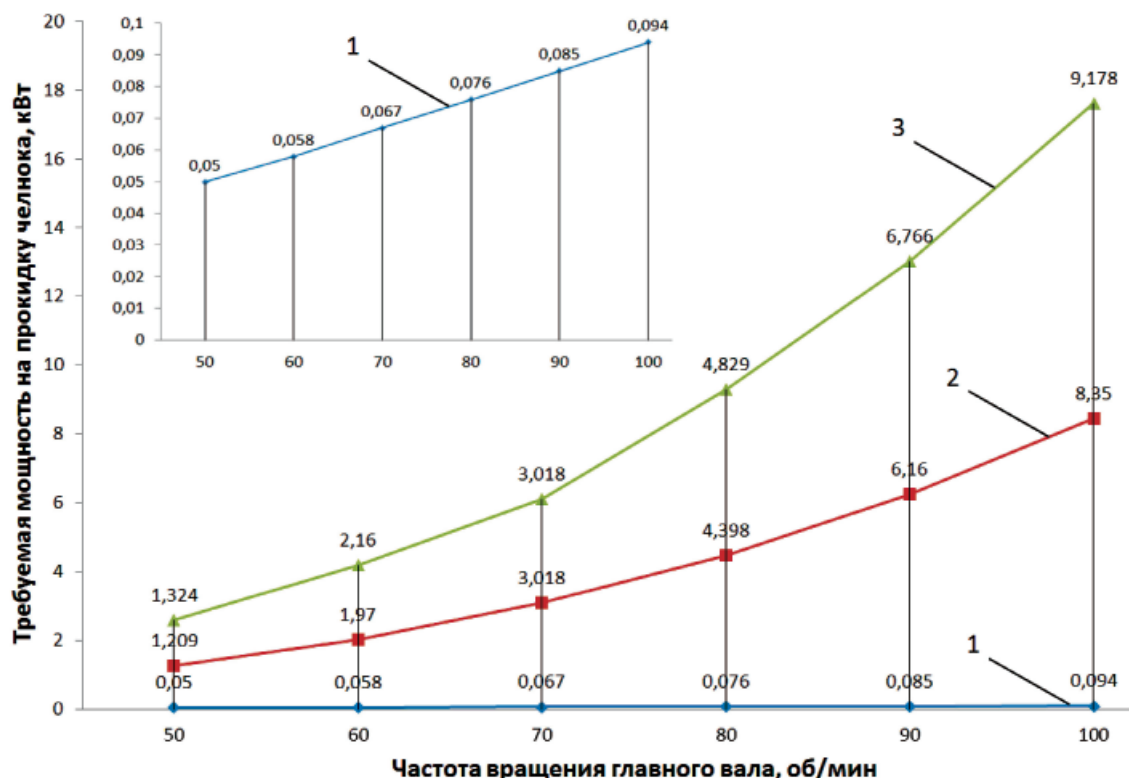


Рис. 4. График изменения требуемой мощности на прокидку челнока в зависимости от частоты вращения главного вала ткацкого станка
1 – масса челнока 0,5 кг; 2 – масса челнока 0,6 кг; 3 – масса челнока 0,66 кг

3. Для данной конструкции боевого механизма ткацкого станка с рабочей шириной заправки 160 см на основании проведенных исследований рекомендуется применять челнок массой, равной 0,5 кг, для которого показатель требуемой мощности на прокладывание челнока минимален и варьируется в зависимости от частоты вращения главного вала в пределах 0,05...0,1 кВт.

Список литературы

1. Андриянов В.М. Основы автоматизированного расчета стержневых механизмов II-го класса: учебное пособие / В.М. Андриянов, В.А. Суров, А.А. Тувин. – Иваново: ИГТА, 1998. – 92 с.
2. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 728 с.:ил.
3. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 728 с.:ил.
4. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1975. – 640 с.:ил.
5. Практика приводной техники – Проектирование приводов. Издание 11/2001. – № 10523057.

References

1. Andriyanov V.M. Osnovy avtomatizirovannogo rascheta sterzhnevyyh mekhanizmov II-go klassa / V.M. Andriyanov, V.A. Surov, A.A. Tuvin: uchebnoe posobie. Ivanovo: IGTA 1998.–92 p.
2. Anur'ev, V.I. Spravochnik konstruktora-mashinostroitel'ja. V 3t. T.1/V.I. Anur'ev. 5 izd., pererab. i dop. –M.: Mashinostroenie, 1980. 728 p.:il.
3. Anur'ev, V.I. Spravochnik konstruktora-mashinostroitel'ja. V 3t. T.2/V.I. Anur'ev. 5 izd., pererab. i dop. –M.: Mashinostroenie, 1979. 728 p.:il.
4. Artobolevskij, I.I. Teorija mekhanizmov i mashin / I.I. Artobolevskij. M.: Nauka, 1975. 640 p.:il.
5. Praktika privodnoj tehniki Proektirovanie privodov. Izdanie 11/2001. no 10523057

Рецензенты:

Блиничев В.Н., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Машины и аппараты химического производства», ИГХТУ, г. Иваново;

Краснов А.А., д.т.н., профессор кафедры «Строительная механика», ИВГПУ, г. Иваново.

Работа поступила в редакцию 11.07.2013.