

## ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЕТ ШАГОВОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ МЕХАНИЗМА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ИГОЛЬНИЦЫ

Грот Д.В., инж., Сункуев Б.С., д.т.н. проф., Кириллов А.Г., к.т.н. доц.

Витебский государственный технологический университет, г. Витебск, Республика Беларусь

**Реферат.** В импортных вышивальных полуавтоматах используются различные механизмы позиционирования игольницы. Общим для всех известных механизмов является то, что в них не требуется иметь высокую точность позиционирования игольницы, ввиду иного относительного расположения оси вращения челнока и направления движения игл при позиционировании игл. Если направление движения игл при позиционировании перпендикулярно оси вращения челнока, необходимый зазор между иглой и носиком челнока ( $\pm 0,5$  мм) обеспечивается конструктивным способом, а точность позиционирования игл относительно носика челнока может достигать  $0,2...0,3$  мм.

**Ключевые слова:** проектный расчет, механизм позиционирования игольницы, многоигольный вышивальный полуавтомат, расчет механизма позиционирования игольницы

В настоящей статье рассматривается выбор схемы и конструкции механизма позиционирования игольницы. При разработке схемы настоящего полуавтомата принято решение использовать для позиционирования игольницы шарико-винтовой механизм [1]. На рисунке 1 показана плоская кинематическая схема шарико-винтового механизма.

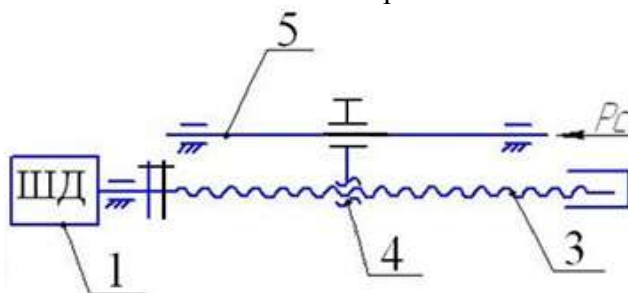


Рисунок 1 – Плоская кинематическая схема шарико-винтового механизма

На рисунке 1 показаны: 1 – шаговый электродвигатель ДШ 200-3, 2 – соединительная муфта, 3 – ходовой винт, 4 – гайка, 5 – игольница, 6 – закреплённый на швейной машине корпус.

Далее мы проводим проектный расчет шагового электропривода механизма по методике, изложенной в [2].

1. Определяем передаточное число привода

$$U_{\text{общ}} = 2\pi/h,$$

где  $h$  – шаг винта, принимаем  $h = 0,003$  м, тогда  $U_{\text{общ}} = 6.28/0.003 = 2093$  рад/м.

2. Определим приведённый к валу шагового электродвигателя момент инерции привода  $I_{\text{пр}}$  (см. рис. 2.5)

$$I_{\text{пр}} = I_1 + I_2 + I_3 + m/U_{\text{общ}}^2, \quad (1)$$

где  $I_1$  – момент инерции ротора шагового электродвигателя ДШ 200-3;  $I_1 = 20,5 \cdot 10^{-6}$  кг\*м<sup>2</sup>;

$I_2$  – момент инерции ходового винта 2;

$I_3$  – момент инерции муфты 3;

$m$  – суммарная масса игольницы и закреплённых на ней узлов (см. рис. 1).

Определяем моменты инерции и массы звеньев. В результате получено  $I_2 = 5,06 \cdot 10^{-6}$  кг\*м<sup>2</sup>;  $I_3 = 0,6 \cdot 10^{-6}$  кг\*м<sup>2</sup>;  $m = 2,95$  кг, а согласно (1)  $I_{\text{пр}} = 26,26 \cdot 10^{-6}$  кг\*м<sup>2</sup>.

3. Определяем приведённый к валу ШЭД момент сил сопротивления

$$M_{сnp} = P_c / U_{общ}, \quad (2)$$

где  $P_c$  – сила сопротивления движению игольницы по направляющим. Сила  $P_c$  определена из равенства

$$P_c = m \cdot g \cdot f / \eta, \quad (3)$$

где  $m$  – масса игольницы,  $g$  – ускорение свободного падения,  $f$  – коэффициент трения в направляющих,  $\eta$  – к.п.д. шарико-винтовой передачи.

Коэффициент  $f$  определим из равенства  $f = 2 \cdot f_1 + k$ ,

где  $k$  – коэффициент трения в направляющих качения,  $k = 0,05$ ;  $f_1$  – коэффициент трения в направляющих скольжения,  $f_1 = 0,1$ . Таким образом,  $f = 0,25$ . К.п.д. шарико-винтовой передачи примем равным  $0,99$ . В результате из (3) получим  $P_c = 7,3$  Н, а из (2)  $M_{сnp} = 0,003$  Н\*м;

4. Зададимся законом движения ведущего звена ротора ШЭД с угловой скоростью установившегося движения ротора  $\omega_m$  и абсолютными значениями  $\varepsilon_m$  угловых ускорений ротора при разгоне и торможении [3].

При выбранном законе движения время перемещения  $t_{пер}$  игольницы на расстояние  $S$  определится из равенства:

$$t_{пер} = \frac{S \cdot u_{общ}}{\omega_m} + \frac{\omega_m}{\varepsilon_m} \quad (4)$$

5. Для повышения производительности вышивального полуавтомата необходимо иметь минимальное значение  $t_{пер}$ .

В связи с этим поставим задачу определить такие значения  $\omega_m$  и  $\varepsilon_m$ , при которых  $t_{пер}$  будет минимальным. При этом должны выполняться следующие ограничения:

$$M_d \geq M_{сnp} + I_{пр} \cdot \varepsilon_m, \quad (5)$$

$$\omega_{mmin} \leq \omega_m \leq \omega_{mmax}, \quad (6)$$

$$\varepsilon_{mmin} \leq \varepsilon_m \leq \varepsilon_{mmax}, \quad (7)$$

где  $M_d$  – момент на валу ШЭД,  $\omega_{mmin}$ ,  $\omega_{mmax}$ ,  $\varepsilon_{mmin}$ ,  $\varepsilon_{mmax}$  – граничные значения  $\omega_m$  и  $\varepsilon_m$ , определяемые из механических характеристик ШЭД. Из графиков следует:  $\omega_{mmin} = 40$  рад/с,  $\omega_{mmax} = 120$  рад/с,  $\varepsilon_{mmin} = 2000$  рад/с<sup>2</sup>,  $\varepsilon_{mmax} = 20000$  рад/с<sup>2</sup> [3].

Механические характеристики аппроксимированы дробно-рациональными функциями.

$$M_d = \frac{1}{a + b \cdot \omega},$$

где значения  $a$  и  $b$  зависят от углового ускорения  $\varepsilon_m$  ротора шагового электродвигателя. Для определения величин  $\omega_m$  и  $\varepsilon_m$ , соответствующих минимуму функции (4) с учетом ограничений (5) – (7), разработан алгоритм и программа минимизации  $t_{пер}$ .

В результате минимальное время перемещения игольницы составило  $t_{пер} = 0,22$  с при следующих параметрах движения ротора ШЭД:  $\omega_m = 120$  рад/с;  $\varepsilon_m = 12000$  рад/с<sup>2</sup>. Момент, развиваемый ротором ШЭД, составил  $0,31$  Н\*м.

#### Список используемой литературы:

1. Пясика И. Б. "Шарико-винтовые механизмы": книга / И. Б. Пясика – Москва-Киев: Машгиз, 1962, с. 74.

2. Сункуев Б. С. Расчёт и конструирование типовых машин лёгкой промышленности: учебник / Б. С. Сункуев – Витебск : УО “ВГТУ”, 2015. – 198 с.
3. Сункуев, Б.С. Исследование динамических характеристик шаговых двигателей / Б.С. Сункуев, С.А. Беликов, Т.В. Кузнецова // Сборник статей XXXI научно – технической конференции / УО “ВГТУ”. – Витебск, 1998 – с. 117-119.