

ОПТИМИЗАЦИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРЕЗКИ НИТОК

С.Ю. Краснер, Б.С. Сункуев

При проектировании механизма автоматической обрезки ниток для модернизируемого вышивального полуавтомата возникла необходимость расчета оптимальных кинематических и динамических параметров.

Структуру механизмов автоматической обрезки ниток выбираем исходя из принципа модульности этих механизмов. Необходимо все механизмы разработать таким образом, чтобы они могли разместиться на съемных деталях швейной головки – фронтальной доске и игольной пластине, что не потребует обработки рукава швейной головки. Привод механизма ножей желателен смонтировать на нижней поверхности стола.

Кинематическая схема механизма обрезки ниток на многоголовочном вышивальном полуавтомате показана на рис. 1

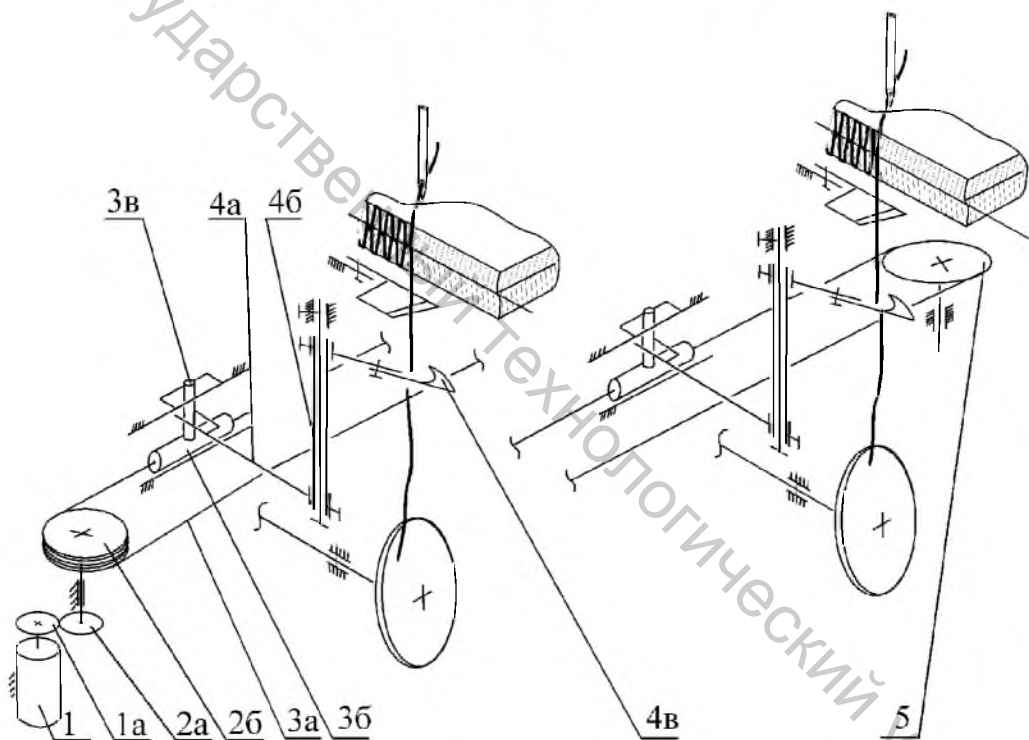


Рисунок 1 - Кинематическая схема механизма автоматической обрезки на многоголовочном вышивальном полуавтомате

Зубчатое колесо 1а зафиксировано на роторе шагового двигателя 1 и через зубчатое колесо 2а передает движение на барабан 2б, который с роликом 5, тросом 3а, ползунами 3б образует тросовую передачу, сообщающую поступательное движение пальцам 3в, подвижным ножам 4в, втулкам 4б и кулисным рычагам 4а.

На рис. 2 приведены кинематические диаграммы ротора 1 ШЭД в виде графиков зависимости угла поворота Φ , угловой скорости ω и углового ускорения ε от времени t .

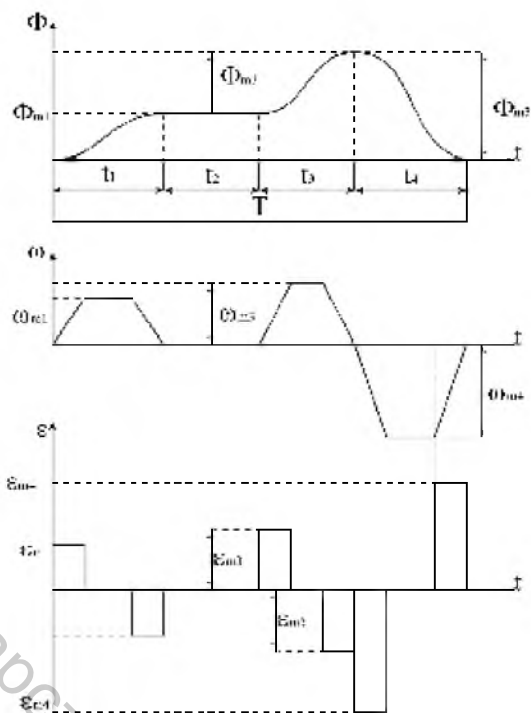


Рисунок 2 - Кинематические диаграммы ротора ШЭД механизма обрезки ниток

Время t_2 такта II регламентируется скоростью вращения распределительного вала швейных головок и от шагового электродвигателя не зависит: $t_2 = \frac{\pi}{\omega_{\text{дов}}}$, где $\omega_{\text{дов}}$ - угловая скорость доводки главного вала.

Отрезки времени t_1 , t_3 и t_4 определяются из формул:

$$t_1 = \frac{\Phi_{m1}}{\omega_{m1}} + \frac{\omega_{m1}}{\epsilon_{m1}}; \quad (1)$$

$$t_3 = \frac{\Phi_{m3}}{\omega_{m3}} + \frac{\omega_{m3}}{\epsilon_{m3}}; \quad (2)$$

$$t_4 = \frac{\Phi_{m4}}{\omega_{m4}} + \frac{\omega_{m4}}{\epsilon_{m4}}; \quad (3)$$

где: Φ_{m1} , Φ_{m3} , Φ_{m4} – углы поворота ротора ШЭД на первом, третьем и четвертом участках, ω_{m1} , ω_{m3} , ω_{m4} – максимальные значения угловой скорости ротора на участках t_1 , t_3 , t_4 ; ϵ_{m1} , ϵ_{m3} , ϵ_{m4} – максимальные модули угловых ускорений ротора на участках t_1 , t_3 , t_4 .

Величины углов Φ_{m1} , Φ_{m3} и Φ_{m4} определяются из формул:

$$\Phi_{m1} = \frac{2S_1 * U_{12}}{d_{2\sigma}}; \quad (4)$$

$$\Phi_{m3} = \frac{2S_3 * U_{12}}{d_{2\sigma}}; \quad (5)$$

$$\Phi_{m4} = \frac{2(S_1 + S_3) * U_{12}}{d_{2\sigma}}; \quad (6)$$

где: S_1, S_2 – перемещения ползунов 3б при переходе неподвижного ножа из исходного положения в промежуточное, и из промежуточного в крайне правое; $d_{2б}$ – диаметр делительных канавок барабана 2б; U_{12} – передаточное число зубчатой передачи 1а-2а (см. рис. 1).

Обозначим: $\frac{2S_1}{d_{2б}} = \psi_1; \frac{2S_3}{d_{2б}} = \psi_3; \frac{2(S_1 + S_3)}{d_{2б}} = \psi_4$. Тогда формулы (4) – (6)

примут вид:

$\Phi_{m1} = \psi_1 * U_{12}; \Phi_{m3} = \psi_3 * U_{12}; \Phi_{m4} = \psi_4 * U_{12}$; а формулы (1) – (3):

$$t_1 = \frac{\psi_1 * U_{12}}{\omega_{m1}} + \frac{\omega_{m1}}{\epsilon_{m1}}; \quad (7)$$

$$t_3 = \frac{\psi_3 * U_{12}}{\omega_{m3}} + \frac{\omega_{m3}}{\epsilon_{m3}}; \quad (8)$$

$$t_4 = \frac{\psi_4 * U_{12}}{\omega_{m4}} + \frac{\omega_{m4}}{\epsilon_{m4}}; \quad (9)$$

Поставим задачу определения таких значений $\omega_{m1}, \omega_{m3}, \omega_{m4}, \epsilon_{m1}, \epsilon_{m3}, \epsilon_{m4}, U_{12}$, при которых сумма $(t_1+t_3+t_4)$ была бы минимальной, и при этом выполнялись ограничения:

$$M_o \geq M_{снр1} + I_{np} * \epsilon_{m1}; \quad (10)$$

$$M_o \geq M_{снр3} + I_{np} * \epsilon_{m3}; \quad (11)$$

$$M_o \geq M_{снр4} + I_{np} * \epsilon_{m4}; \quad (12)$$

где: M_d – момент на валу шагового электродвигателя; $M_{снр1}, M_{снр3}, M_{снр4}$ – приведенные к валу ШЭД моменты сил сопротивления; I_{np} – приведенный момент инерции масс электропривода.

Для решения поставленной задачи необходимо минимизировать нелинейную целевую функцию

$$\sum t = \left(\frac{\psi_1}{\omega_{m1}} + \frac{\psi_3}{\omega_{m3}} + \frac{\psi_4}{\omega_{m4}} \right) * U_{12} + \frac{\omega_{m1}}{\epsilon_{m1}} + \frac{\omega_{m3}}{\epsilon_{m3}} + \frac{\omega_{m4}}{\epsilon_{m4}} \quad (13)$$

с учетом ограничений (10), (11), (12).

Поставленная задача может быть решена методами нелинейного программирования.

Рассмотрим решение поставленной задачи оптимизации на примере механизма автоматической обрезки ниток многоголовочного вышивального полуавтомата.

К исходным данным для оптимизации целевой функции (13) относятся: углы поворота подвижного ножа при переходе подвижного ножа из исходного положения в среднее (ψ_1) и затем в крайне правое (ψ_3), постоянные параметры схемы; передаточные числа отдельных ступеней механизма; моменты инерции и массы звеньев механизма.

Углы поворота ψ_1 и ψ_3 верхней части ножа при переходе его из исходного положения в среднее, из среднего в крайне правое определены экспериментально на макете механизма ножа: $\psi_1=0,44$ рад; $\psi_3=0,4$ рад. Угол поворота при обратном ходе равен $\psi_4 = \psi_1 + \psi_3 = 0,84$ рад.

Приведенный к ротору шагового электродвигателя момент инерции звеньев механизма определяем из формулы

$$I_{np} = I_{1а} + I_{1б} + \frac{I_2}{U_{1-2}^2} + \frac{m_3}{U_{1-3}^2} + \frac{I_4}{U_{1-4}^2} + \frac{I_5}{U_{1-2}^2}, \quad (14)$$

где: I_{1a}, I_4, I_5 - неизменные при оптимизации целевой функции (13) моменты инерции звеньев 1,4 и 5;

m_3 – неизменяемая при оптимизации целевой функции масса звена 3; $I_{1б}$ – момент инерции шестерни 1б, при $U_{1-2} = 1$ шестерня 1б отсутствует и $I_{1б} = 0$; Значения $I_{1б}$ при $U_{1-2} > 1$ постоянны; I_2 –изменяемый при оптимизации целевой функции момент инерции звена 2 (см. рис. 1).

$U_{1-2}, U_{1-3}, U_{1-4}$ – изменяемые при целевой функции передаточные числа от звена 1 соответственно к звеньям 2,3,4.

В приводе механизма автоматической обрезки ниток используем шаговый электродвигатель типа ДШ-200-3.

Динамические механические характеристики электродвигателя могут быть описаны дробно-рациональной функцией вида [1]:

$$M_o = \frac{1}{a + b * \omega_m}, \quad (15)$$

где значения а и b для различных ε_m приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Коэффициенты а и b динамических характеристик ДШИ 200-3

коэффициенты	$\varepsilon_m, \text{ рад/с}^2$									
	2000	4000	6000	8000	10000	12000	14000	16000	18000	20000
a	1,38	1,67	1,50	1,58	1,58	1,44	1,45	1,32	1,32	1,6
b, 10^{-3}	28,9	20,0	17,7	12,5	12,4	14,0	12,5	10,1	7,8	4,2

При расчете целевой функции (13) значение $M_{спр1}$ принято равным нулю. Значение $M_{спр3}, M_{спр4}$ определено по формуле

$$M_{спр3} = \frac{P_{спр}}{U_{1-3}} = \frac{P_{спр}}{40 * U_{1-2}};$$

где $P_{спр}$ измерено экспериментально; $P_{спр} = 10 \text{ Н}$.

Минимизация целевой функции выполнена на ПЭВМ

Таблица 2 - Параметры системы, соответствующие минимальному времени цикла при постоянном ε_m

Передаточное отношение (U_{12})	ω	ε	Σt
3.5	95	4000	0.19503947

ВЫВОДЫ

Разработана методика оптимизации кинематических и динамических параметров механизма автоматической обрезки ниток.

Предложенная методика расчета может быть использована при проектировании механизмов автоматической обрезки ниток.

Список использованных источников

1. Исследование динамических характеристик шагового двигателя / Б. С. Сункуев, С. А. Беликов, Т. В. Кузнецова // Сборник статей XXXI научно-технической конференции / ВГТУ. – Витебск, 1998. – С. 117-119.

SUMMARY

The technique of optimization of kinematic and dynamic parameters of the mechanism for automatic cutting of threads is stated. The kinematic scheme of the mechanism for automatic cutting on multihead embroidery machine is presented. Results of minimization of target parameters are given.