УДК 687.05-52

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТЫ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ РАБОЧЕГО ОРГАНА КООРДИНАТНОГО УСТРОЙСТВА ШВЕЙНОГО ПОЛУАВТОМАТА

Беликов С.А., Ворфоломеев Д.В., Калинин А.А. (ВГТУ)

При эксплуатации швейных полуавтоматов с микропроцессорным управлением, рабочий орган координатного устройства, представляющий собой каретку с жестко закрепленной на ней кассетой, перемещается в поле шитья швейной головки полуавтомата в старт-стопном режиме. При работе в таком режиме возникает опасность вхождения рабочего органа в состояние резонанса. Целью проводимых исследований является нахождение резонансных частот рабочего органа координатного устройства. Кинематическая схема рабочего органа координатного устройства приведена на рис. 1.

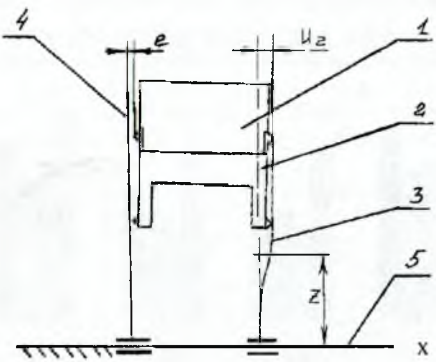

***Рис.1.** Кинематическая схема рабочего органа*

Кассета 1 жестко закреплена на каретке 2, которая удерживается в левой и правой, соответственно 3 и 4, направляющих траверсы. При продвижении материала вдоль оси *X* каретка 2 вместе с траверсой перемещается по неподвижной направляющей 5.

Предположим, что из состояния покоя, каретка начинает разгон. При разгоне влево, под действием сил инерции каретка будет воздействовать на направляющую 3. Сделаем допущение, что в этот момент произойдет отрыв опор каретки 2 от направляющей 4. При разгоне вправо будем полагать, что у каретки нет контакта с направляющей 4. Следовательно, можно рассматривать совместные колебания каретки и одной из направляющих. Так как соединение направляющих 3 и 4 с направляющей 5 не допускает относительного поворота, сделаем допущение, что направляющие 3 и 4 закреплены консольно. Расчетная схема, соответствующая этим допущениям, изображена на рис. 2.

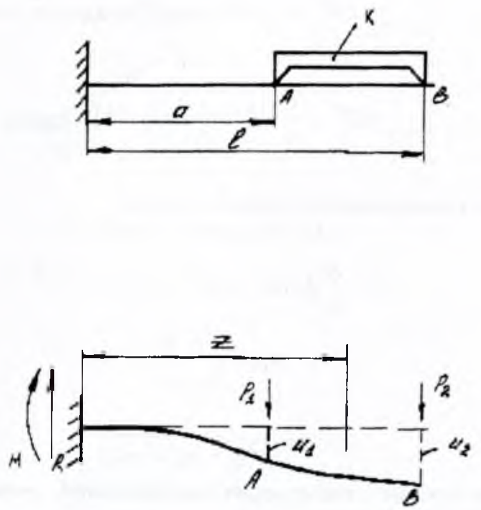

Рис.2. Расчетная схема

Положение системы определяется двумя обобщенными координатами U_1 и U_2 - перемещениями сечений *A* и *B* направляющей траверсы. Дифференциальные уравнения движения системы запишем в форме уравнений Лагранжа

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial \dot{U}_i}\right) - \frac{\partial T}{\partial U_i} + \frac{\partial \Pi}{\partial U_i} = 0. \tag{1}$$

Здесь *T* - кинетическая энергия каретки и направляющей траверсы

$$T = T_к + T_н ;$$

П - потенциальная энергия упругой деформации направляющей траверсы.

Опытным путем установлено, что центр масс каретки с кассетой и заготовкой находится на уровне опоры *B* (рис. 2). Тогда ее кинетическая энергия

$$T_k = \frac{1}{2(l-a)^2}(J_c\dot{U}_1^2 - 2J_c\dot{U}_1\dot{U}_2 + \dot{U}_2(m_k(l-a)^2 + J_c)\dot{U}_2^2) \tag{2}$$

В формуле (2) m_k - масса каретки с кассетой и заготовкой;

J_c - момент инерции массы ее относительно центральной оси.

Кинетическая энергия направляющей траверсы определяется

$$T_н = \frac{m_т}{2l}\int_l \dot{U}^2 dZ. \tag{3}$$

Здесь $U = U\,(Z)$ – перемещение сечения консоли. По силовой схеме, соответствующей введенным обобщенным координатам, с помощью универсального уравнения упругой линии получим

$$EIU = \begin{cases} \dfrac{1}{2}MZ^2 + \dfrac{1}{6}RZ^3 \text{ (при } Z < a), \\ \dfrac{1}{2}MZ^2 + \dfrac{1}{6}RZ^3 - \dfrac{1}{6}P_1(Z-a)^3 \text{ (при } Z \ge a). \end{cases} \qquad (4)$$

По силовым и кинематическим условиям получим

$$M = - B[U_1\, l(2l-a) - U_2a^2],$$

$$R = \frac{B}{a}\left[U_1(2l^2 + 2al - a^2) - 3a^2U_2\right]$$

$$P_1 = \frac{M + Rl}{l - a},$$

где

$$B = \frac{l}{a^2(l-a)(4l-a)}.$$

После интегрирования и последующих преобразований кинетическая энергия системы выразится в виде

$$T = A_т\dot{U}_1^2 + B_т\dot{U}_1\dot{U}_2 + C_т\dot{U}_2^2. \qquad (5)$$

Потенциальную энергию упругой деформации направляющей траверсы определим по формуле

$$\Pi = \frac{EJ}{2}\int_l\left(\frac{d^2U}{dZ^2}\right)^2 dZ. \qquad (6)$$

В формуле (6) E – модуль упругости материала направляющей траверсы; J – момент инерции площади ее поперечного сечения, U – перемещение сечения, определяемое формулами (4).

$$\Pi = A_П U_1^2 + B_П U_1U_2 + C_П U_2^2. \qquad (7)$$

Подставив выражения (5) и (7) в формулы (1) и представляя решение полученных уравнений в виде $U_i = a_i \sin kt$, получим два однородных алгебраических уравнения относительно амплитуды a_i.

Приравняв нулю определитель системы, получим частотное уравнение.

По вышеизложенной методике был произведен расчет для следующих параметров: $l = 0{,}515$ м; $a = 0{,}22$ м; $J_c = 0{,}1178$ кг·м^2; $EJ = 2604$ Н·м^2;

$m_н = 1{,}0$ кг; $m_к = 2{,}5$ кг.

При этих параметрах были получены частоты собственных колебаний:

$\omega_1 = 180{,}2$ рад/с; $\omega_2 = 6184$ рад/с, или $к_1 = 28{,}7$ Гц; $к_2 = 984{,}2$.

Частота $к_2$ в резонансном отношении опасной не является. Явление резонанса может возникнуть при скорости шитья

$$n = k_1 \cdot 60 = 28{,}7 \cdot 60 = 1722 \text{ ст/мин.}$$

В соответствии с техническими характеристиками полуавтомат может работать на скорости до 1600 ст/мин, что близко к резонансной частоте. Методом повышения частоты собственных колебаний можно считать повышение жесткости направляющей траверсы, и уменьшение длины ее консольной части.