

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИЕМНО-НАМОТОЧНОГО МЕХАНИЗМА

Л.С. МАЗИН, АШУР САЛЕХ РАЕД

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Рассмотрим приемно-намоточный механизм (рис. 1) с подвесом рычажного типа, на котором в отличие от традиционных схем установлены нитераскладчик и фрикционный цилиндр.

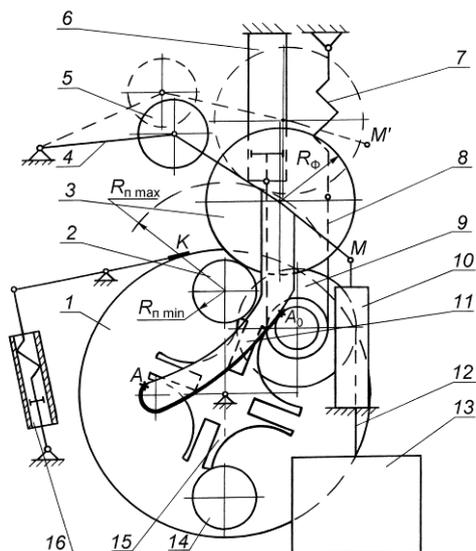


Рис. 1

На корпусе машины установлен ротор 1, в котором закреплены бобинодержатели с патроном и паковкой 2 и с пустым патроном 14. Бобинодержатель представляет собой две массивные конусные втулки,

между которыми установлена бобина. Фрикционный цилиндр с электроприводом 3 крепится на рычажном подвесе 4, на котором установлен и нитераскладчик с собственным электроприводом 5. Усилие контактного взаимодействия паковки с фрикционным цилиндром частично обеспечивается амортизатором 6 и пружиной 7, связанными между собой тросом через ротор 9. В основном усилие контактного взаимодействия обеспечивается уравновешивающим грузом 13, который на тросах (участок AA_0 и 12) через ротор 9 крепится к кулачку 11. Последний жестко соединен с подвесом 4. Амортизатор 10 предназначен для плавного подхода фрикционного цилиндра 3 к пустому патрону 2 (точка M' подвеса перемещается и занимает положение M). При полностью намотанной паковке ($R_n = R_{n \max}$) включается подача воздуха в амортизатор 6. Последний поднимает подвес с фрикционным цилиндром над паковкой. Одновременно (с небольшим запаздыванием) воздух подается в цилиндр 16. Стопор K выходит из паза ротора 1. Ротор 1, выполненный как одно целое с мальтийским крестом 15, с его помощью от привода с роликом (на рис. 1 не показан) поворачивается на угол 180° . Бо-

Система уравнений (1) соответствует установочному положению (паковка касается фрикционного цилиндра, $Q = 0$) рассматриваемой системы; I_n – приведенный к точке O момент инерции подвеса (рис. 2-а); I_p – момент инерции ротора

(рис. 2-б); $\alpha = \alpha_0 + \varphi$, где α_0 – значение угла α в установочном положении ($\alpha_0 = \text{const}$), φ – отклонение угла α от установочного положения.

Запишем аналитические выражения сил, входящих в (1), согласно [1]:

$$Q \approx \begin{cases} Q^* & \text{при } \Delta > 0 \text{ и } Q^* > 0, \\ 0 & \text{при } \Delta \leq 0 \text{ либо } Q^* \leq 0, \end{cases} \quad (2)$$

$$Q^* \approx c_n \Delta + b_n \dot{\Delta} + \frac{b_n R_n \omega_n \sqrt{\Delta}}{\sqrt{2R_{np}}}, \quad R_{np} = \frac{R_n R_\phi}{R_n + R_\phi},$$

$$R_n = R_{n0} + \lambda \sin(\omega_n t + \varepsilon_1) + \delta \sin(2\omega_n t + \varepsilon_2),$$

$$R_\phi = R_{\phi 0} + \lambda_1 \sin(\omega_\phi t + \varepsilon_3), \quad \omega_n R_{n0} = \omega_\phi R_{\phi 0} = V_n = \text{const},$$

$$\Delta = (R_n + R_\phi) - (p + q\varphi), \quad p = (R_n + R_\phi)|_{t=0},$$

где ω_n, ω_ϕ – соответственно частоты вращения паковки и фрикционного цилиндра; c_n, b_n – соответственно жесткость и коэффициент демпфирования паковки, приведенные к линии действия силы Q – линии $O_1 O_2$; Δ – деформация паковки вдоль линии $O_1 O_2$ ($\Delta < 0$ соответствует отрыву паковки от фрикционного цилиндра); $R_{n0}, R_{\phi 0}, \lambda, \delta, \lambda_1$ – соответственно коэффициенты разложения радиусов паковки R_n и фрикционного цилиндра R_ϕ в ряды Фурье (λ, λ_1 характеризуют соответственно биение паковки и фрикционного цилиндра, δ характеризует эллиптичность или овальность паковки); $\varepsilon_i, i = \overline{1, 3}$ – начальные фазы; q – коэффициент разложения расстояния $O_1 O_2$ в ряд Тейлора при отклонении α от α_0 на величину φ .

где c_i, b_i – соответственно жесткости и коэффициенты демпфирования отброшенных участков троса;

$$R_3 \approx c_3 \Delta_3 + b_3 \dot{\Delta}_3, \quad \Delta_3 = r_3 \beta, \quad (4)$$

c_3, b_3 – соответственно жесткость и коэффициент демпфирования элементов 6 и 7 (см. рис. 1); $h_{R_1} = r_k$; $h_p = \ell \cos(\alpha_0 + \varphi + \lambda)$; ℓ – расстояние OC (см. рис. 2).

$$h_Q = \left| C \left(\sqrt{A^2 + B^2} \right)^{-1} \right|, \quad A = L \sin \alpha - a,$$

$$B = b - L \cos \alpha,$$

$$C = a(L \cos \alpha - b) - b(L \sin \alpha - a),$$

L – расстояние OO_1 (см. рис. 2).

В случаях, когда $\Delta \leq 0$, либо $\Delta_i \leq 0, i = \overline{1, 2}$, к математической модели (1)...(4) следует добавить уравнения $Q^* = 0$, либо $R_{i0} = 0, i = \overline{1, 2}$, которые следует решать совместно с (1)...(4) до тех пор, пока не будут выполняться неравенства $\Delta > 0$, либо $\Delta_i > 0, i = \overline{1, 2}$.

Полученная математическая модель приемно-намоточного механизма (рис. 1) представляет собой систему нелинейных обыкновенных дифференциальных урав-

Так как R_1 и R_2 соответствуют участкам тросов:

$$R_i \approx \begin{cases} R_{i0} & \text{при } \Delta_i > 0 \text{ и } R_{i0} > 0, \\ 0 & \text{при } \Delta_i \leq 0 \text{ или } R_{i0} \leq 0, \end{cases} \quad (3)$$

$$R_{i0} \approx c_i \Delta_i + b_i \dot{\Delta}_i, \quad \varepsilon_i, \quad i = \overline{1, 2},$$

$$\Delta_1 = -r_1 \beta - r_k \varphi, \quad \Delta_2 = r_2 \beta - y_r,$$

нений 6-го порядка; в случае отрыва паковки от фрикционного цилиндра ($\Delta \leq 0$, $Q^* = 0$) – 7-го порядка; в случае одновременного провисания канатов ($\Delta_i \leq 0$, $i = \overline{1, 2}$; $R_{i0} = 0$, $i = \overline{1, 2}$) – 9-го порядка. Решать подобную модель можно лишь с использованием современных ЭВМ. При этом можно воспользоваться решателем типа ode45() системы автоматизации математических расчетов MATLAB. Так как уравнения $R_{i0} = 0$ при $\Delta_i \leq 0$, $i = \overline{1, 2}$, представляют собой линейные (3) обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка, они могут быть решены заранее аналитически. При этом менять порядок системы нелинейных дифференциальных уравнений (1)...(4) до 9 не требуется. Достаточно добавить к (1)...(4) лишь полученные аналитические решения,

соответствующие $R_{i0} = 0$ в промежутки времени, когда $\Delta_i \leq 0$, $i = \overline{1, 2}$.

ВЫВОДЫ

Получена математическая модель приемно-намоточного механизма (рис. 1), предназначенная для исследования его динамики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матюшев И.И., Климов В.А., Мазин и др. Высокоскоростные приемно-намоточные механизмы для химических нитей. – М.: Легпромбытиздат, 1991.
2. Лойцянский Л. Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики: в 2-х т. – Т. 2. Динамика. – М.: Наука, 1983.

Рекомендована кафедрой машиноведения. Поступила 25.12.06.