

образования.

Среди существующих методов очистки сточных вод гальванического производства наибольшее практическое применение получили следующие методы: реагентный, ионообменный, электрокоагуляция, ультрафильтрация. На предприятиях АПК наибольшее распространение получили реагентный, электрохимический и ионообменный методы.

Существенное влияние на повышение водооборота оказывает внедрение высокоэффективных методов очистки сточных вод, в частности, физико-химических, из которых наиболее перспективным является применение реагентов.

Анализ существующих методов очистки сточных вод гальванического производства показывает, что основным направлением повышения степени очистки является создание технологий, позволяющих производить весь комплекс физико-химических способов обработки воды. Разработка и внедрение таких технологий способствует полному предотвращению или резкому сокращению сброса вредных веществ со сточными водами.

Наиболее эффективным является создание замкнутых систем водоснабжения с использованием очищенной воды в системах технологического и оборотного водоснабжения. Необходимость разработки и внедрения замкнутых систем очистки вызвана дефицитом экологически чистой питьевой воды и агрессивностью сточных вод гальванического производства.

Создание замкнутых систем с оборотным водоснабжением, применение эффективных методов очистки сточных вод, высокопроизводительного оборудования и оптимальных режимов очистки обеспечит экологическую безопасность и рациональное использование воды в гальваническом производстве.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Экология, охрана природы и экологическая безопасность / Под ред. В.И. Данилова-Данильяна. В 2-х частях. - М.: Изд-во МНЭПУ, 1997.
2. Химия промышленных сточных вод / Под ред. А. Рубина. - М.: Химия, 1983. - 560 с.
3. Гордин И.В., Манусова Н.Б., Смирнов Д.Н. Оптимизация химико-технологических систем очистки промышленных сточных вод. - Л.: Химия, 1977. - 176 с.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛЕПЕСТКОВОЙ ЭЛАСТИЧНОЙ МУФТЫ ПО КРИТЕРИЮ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ**

**Надутый В.П., Взоров А.А., ИГТМ НАНУ, г. Днепропетровск**

Передача крутящего момента от вала двигателя к приводу исполнительного органа машин осуществляется с помощью различных муфт и соединений. Большое распространение, особенно в классе вибрационных машин, получили для этой цели лепестковые муфты, которые изготавливаются из резиновых или резинокордных полос. Непременным условием нормальной работы такой муфты является недопустимость скручивания ее лепестков или потеря устойчивости при запуске машины и ее работе.

Обеспечение долговременной работы лепестковой муфты обуславливается конструктивными размерами геометрических параметров упругих лепестков,

исключающими потери ее устойчивости при стационарном режиме работы привода, а также при его запуске. Исключить потерю устойчивости лепестков муфты возможно при подборе их геометрических параметров, обеспечивающих с достаточным запасом сопротивление воздействию крутящего момента от вала электродвигателя [1].

Отсутствие потери устойчивости отдельного лепестка в свою очередь обеспечивают его жесткостные и прочностные характеристики, что подтверждается практикой эксплуатации лепестковых упругих муфт в вибрационных приводах.

При расчете лепестка муфты принимаем следующие допущения:

- считаем, что крутящий момент от вала электродвигателя равномерно распределяется между лепестками муфты;
- в месте перегиба лепестка имеет место жесткая заделка одной половины лепестка относительно другой;
- в местах крепления лепестка к полумуфтам принимается упругое защемление.

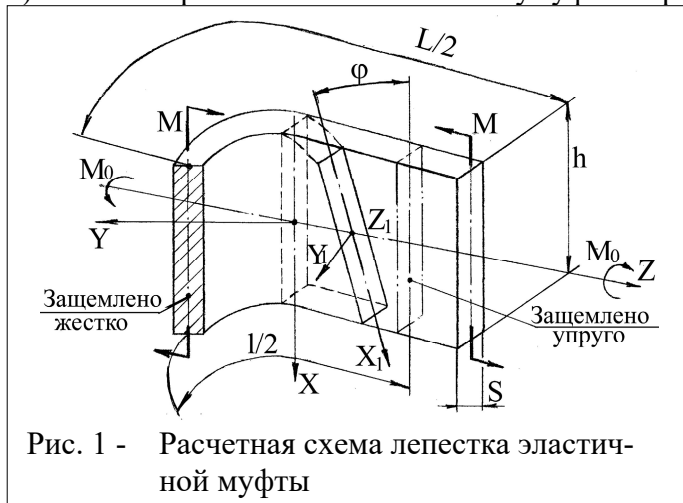


Рис. 1 - Расчетная схема лепестка эластичной муфты

При этих условиях закрепления лепестка (условной балки) и приложении крутящего момента к муфте существует вероятность потери устойчивости отдельного лепестка как консольной балки от воздействия изгибающего момента, как показано на расчетной схеме (рисунок 1).

Исходя из вышеизложенных допущений и расчетной схемы, определим возможный уровень сочетания геометрических и физических параметров лепестка муфты, обеспечивающих исключение потери его устойчивости.

В произвольном сечении, слева от оси OX (рис. 1), момент относительно оси  $X_1$  равен

$$M_{изг} = -M \cdot \varphi. \quad (1)$$

Крутящий момент в этом же сечении

$$M_{кр} = M'_y + M_0, \quad (2)$$

где  $M'_y$  - составляющая момента  $M$  относительно оси  $Z_1$ ;  $M_0$  - момент относительно оси  $Z$  в опорах.

Используя известные соотношения

$$E \cdot I_x \cdot Y'' = M_{изг}; \quad G \cdot I_{кр} \cdot \varphi' = M_{кр}, \quad (3)$$

получим дифференциальные уравнения

$$E \cdot I_x \cdot Y'' = -M \cdot \varphi; \quad G \cdot I_{кр} \cdot \varphi' = M_{кр} \cdot Y' + M_0. \quad (4)$$

Здесь  $E$  - модуль упругости материала лепестка муфты;  $G$  - модуль сдвига материала лепестка муфты;  $I_{кр} = \frac{m - 0,63}{3} \cdot S^4$  - полярный момент инер-

ции лепестка;  $I_X = (S^4 \cdot h)/12$  - осевой момент инерции лепестка;  $m = h/S$ ;  $h$  - ширина лепестка;  $S$  - толщина лепестка.

Исключив из уравнения (4)  $\varphi$ , получим

$$Y''' + k^2 \cdot I' = -k^2 \frac{M_0}{M}, \quad (5)$$

где  $k^2 = \frac{M^2}{G \cdot I_{кр} \cdot E \cdot I_X}$ . (6)

Решением уравнения (5) будет

$$Y = C_1 + C_2 \cdot \sin kz + C_3 \cdot \cos kz - \frac{M_0}{M} \cdot z. \quad (7)$$

Постоянные  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  определим из следующих граничных условий:

$$\begin{aligned} Z = 0, \quad Y = 0, \quad \varphi = 0; \\ Z = l/2, \quad Y = 0, \quad \varphi = 0. \end{aligned}$$

Тогда

$$\begin{aligned} C_1 + C_3 = 0; \quad C_3 = 0; \quad C_2 \cdot \sin kl/2 - \frac{M_0}{M} \cdot l/2 = 0; \\ C_2 \cdot \sin kl/2 = 0; \quad C_1 = C_2 = 0; \quad M_0 = 0. \end{aligned}$$

Величина  $C_2$  отлична от нуля при  $\sin kl/2 = 0$ . Первое значение критического момента определяется из условия  $kl/2 = \pi$ .

Из формулы (6) находим

$$M_{кр} = \frac{\pi}{l/2} \sqrt{E \cdot I_X \cdot G \cdot I_{кр}}. \quad (8)$$

Считая, что заделка лепестка муфты в месте его перегиба жесткая и используя известный метод [1] приведения длины свободного пролета балки, получим:

$$M_{кр} = \frac{2\pi}{l/2} \sqrt{E \cdot I_X \cdot G \cdot I_{кр}}. \quad (9)$$

Подставив значения подкоренных выражений, окончательно получим

$$M_{кр} = \frac{2\pi S^3}{3l} \sqrt{EG(m - 0,63) \cdot S \cdot h} \geq M_{дог}. \quad (10)$$

Условием отсутствия потери устойчивости лепестковой муфты будет

$$M_{кр} = \frac{2\pi \cdot i \cdot S^3}{3l \cdot k_3} \sqrt{EG(m - 0,63) \cdot S \cdot h} \geq M_{дог}. \quad (11)$$

Здесь:  $i = 4$  - количество упругих лепестков муфты;  $S = 0,8$  см - толщина упругого лепестка;  $l = 11,6$  см - свободная длина упругого лепестка;  $k_3 = 1,2$  - коэффициент запаса;  $E = 186$  кг/см<sup>2</sup> - модуль упругости первого рода материала лепестка (транспортная лента);  $G = 62$  кг/см<sup>2</sup> - модуль упругости второго рода материала лепестка;  $m = 5/0,8 = 6,25$  - отношение принимается конструктивно;

$$M_{\text{дв}} = 975 \frac{N}{n} = 975 \cdot \frac{2,2}{1500} = 1,43 \text{ кг} \cdot \text{м},$$

где  $N = 2,2$  кВт - мощность двигателя;  $n = 1500$  об/мин - угловая скорость вращения вала двигателя.

Следовательно:

$$M_{\text{кр}} = \frac{2\pi \cdot 4 \cdot 0,8^3}{3 \cdot 11,6 \cdot 1,2} \sqrt{175 \cdot 62 \cdot (6,25 - 0,63) \cdot 0,8 \cdot 5} = 158 \text{ кг} \cdot \text{см} =$$

$$= 1,58 \text{ кг} \cdot \text{м} > 1,43 \text{ кг} \cdot \text{м}.$$

Таким образом, по условию устойчивости обеспечивается нормальная работа муфты данной, конкретно рассматриваемой системы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. -М.: Наука, 1970. -541 с.

## УРАВНЕНИЕ ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ КОЛЬЦА

Литвиненко Ю., Литвиненко С.Ю., Кагадий С.В. ДГАУ

Полый круговой цилиндр конечной длины, внутренняя, внешняя поверхности и торцы которого свободны от напряжений, совершает упругие продольные осесимметричные гармонические колебания [1]:

$$\begin{aligned} (\lambda + 2\mu) \frac{\partial \Delta}{\partial r} + 2\mu \frac{\partial \omega_g}{\partial z} &= \rho \frac{\partial^2 u_r}{\partial t^2}; & \Delta &= \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r u_r) + \frac{\partial u_z}{\partial z}; \\ \frac{\partial u_r}{\partial z} - \frac{\partial u_z}{\partial r} &= 2\omega_g; & (\lambda + 2\mu) \frac{\partial \Delta}{\partial z} - \frac{2\mu}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \omega_g) &= \rho \frac{\partial^2 u_z}{\partial t^2}; \\ u_r &= e \cdot U(r, z); & u_g &= 0; & u_z &= e \cdot W(r, z); & e &= \exp(ipt), \end{aligned} \quad (1)$$

где  $p/(2\pi)$  - угловая частота нормального (собственного) колебания.

Решая совместно уравнения (1), получим

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \Delta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \Delta}{\partial r} + \frac{\partial^2 \Delta}{\partial z^2} + h^2 \Delta &= 0; & h^2 &= \frac{\rho p^2}{\lambda + 2\mu}; & \Delta &= \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r U) + \frac{\partial W}{\partial z} \right] \cdot e; \\ 2\omega_g &= \left( \frac{\partial U}{\partial z} - \frac{\partial W}{\partial r} \right) \cdot e; & \lambda^2 &= \frac{\rho p^2}{\mu}; & \frac{\partial^2 \omega_g}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \omega_g}{\partial r} + \frac{\partial^2 \omega_g}{\partial z^2} + \left( \lambda^2 - \frac{1}{r^2} \right) \omega_g &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Условие отсутствия на образующих цилиндра компонент напряжения  $\sigma_{rr}$  и  $\sigma_{rz}$  запишется:

$$\left( \lambda \cdot \Delta + 2\mu \frac{\partial u_r}{\partial r} \right) \Big|_{r=a;b} = 0; \quad \mu \left( \frac{\partial u_r}{\partial z} + \frac{\partial u_z}{\partial r} \right) \Big|_{r=a;b} = 0. \quad (3)$$

Считается, что начальное возмущение вносится приложенной к торцам цилиндра кратковременной нагрузкой, если выполняются условия:

$$\Delta(r, 0, t) = -e \cdot \varphi(r), \quad \Delta(r, l, t) = e \cdot \varphi(r), \quad \omega_g(r, 0, t) = -e \cdot \psi(r), \quad \omega_g(r, l, t) = e \cdot \psi(r). \quad (4)$$

Решая уравнения (2) с граничными условиями (4) с помощью синус- и косинус-преобразований Фурье [2] относительно  $\Delta$ ,  $\omega_g$ ,  $U$ ,  $W$  и подставляя найденные решения в соотношения (3), получим систему четырех однородных