

## Механизм пантографа

Василенок В.Д., Бирич В.В., Лешок С.А, Соболев Д.Е.  
Белорусский национальный технический университет

Для выполнения сложных фрезероальных работ на плоскости и по объему используются копировальные станки с использованием пантографа (по гречески «всё описываю»). Состовляющим элементом находят применение соосные шариковинтовые механизмы. В данной работе рассчитаны основные характеристики шариковинтового механизма (рис. 1), а именно: диаметр шариков, радиус желоба, наружный диаметр, угол подъема винтовой линии, число шариков:

$$d_{ш} = (0,08 \dots 0,15) \cdot D_{\xi} = (0,08 \dots 0,15) \cdot 14 = 1,12 \dots 2,1 \text{ мм} \quad (1)$$

$$r_{ж} = 0,51 \cdot d_{ш} = 0,51 \cdot 1,5 = 0,765 \text{ мм} \quad (2)$$

$$D_k = D_{\xi} + 2 \cdot d_{ш} + \Delta = 14 + 2 \cdot 1,5 + 0,1 = 17,1 \text{ мм} \quad (3)$$

$$\Psi = \arctg\left(\frac{p}{\pi \cdot D_{сп}}\right) = \arctg\left(\frac{2,75}{3,14 \cdot 15,5}\right) = 3,233^{\circ} \quad (4)$$

$$Z_{ш} = \frac{\pi \cdot D_{сп} \cdot z}{d_{ш}} - 1 = \frac{3,14 \cdot 15,5 \cdot 5 \cdot 1,5}{1,5} = 48,67 \quad (5)$$

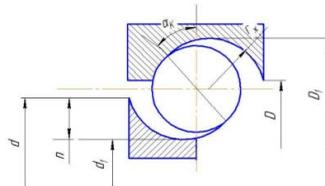


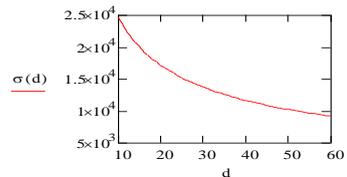
Рис.1. Передача шариковинтовая

Также мы рассчитали грузоподъемность и долговечность шариковинтового механизма.

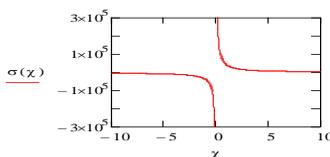
Наибольшее контактное напряжение смятия на площадке контакта для соприкасающихся поверхностей шарик-поверхность резьбы ходового винта определяется по формуле

$$\sigma_{\max} = \frac{400}{\chi} \cdot \sqrt{q \cdot \left(\frac{4r_n - d_{ш}}{r_n d_{ш}}\right)^2} \leq [\sigma]_k \quad (6)$$

$$\sigma(d) := \frac{400 \cdot \sqrt{q \cdot \frac{(4 \cdot r - d)^2}{r \cdot d}}}{\chi}$$



$$\sigma(\chi) := \frac{400 \cdot \sqrt{q \cdot \frac{(4 \cdot r - d)^2}{r \cdot d}}}{\chi}$$



При выбранных размерах диаметра шарика, профиля резьбы и принятой величине допускаемого контактного напряжения  $\leq [\sigma]_k$  из формулы (6) можно определить значение допускаемой нагрузки [q], действующей на один шарик по нормали к поверхности контакта:

$$[q] \leq \frac{\chi^2 r_n^2 d_{\Sigma}^2 [\sigma]_k^2}{4000^3 (4r_n - d_{\Sigma})^2} \kappa \Gamma. \quad (7)$$

С понижением твердости контактируемых поверхностей величина допускаемого контактного напряжения снижается и определяется по формуле

$$[\sigma]_k^r = k_r [\sigma]_k, \quad (8)$$

Определив допускаемую нагрузку [q], действующую на один шарик по нормали к поверхности контакта, и выбрав коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между шариками, находим зависимость между величиной q и осевой нагрузкой Q (рис. 2), приложенной к ходовому винту (гайке):

$$q = \frac{Q}{z \lambda \sin \alpha^2 \cos \psi} \leq [q], \quad (9)$$

где z – число рабочих шариков в гайке;

$\lambda$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между шариками ( $\lambda = 0,8 \div 0,9$ ).

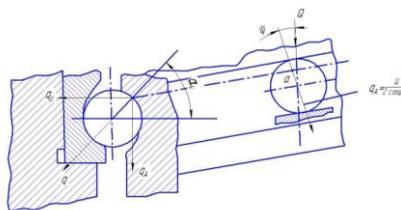
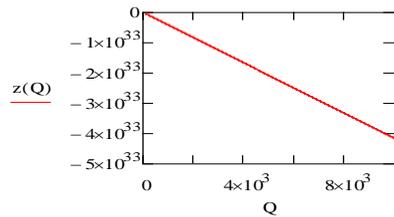


Рис. 2. Усилия, действующие на шарик, находящийся в резьбе с полукруглым профилем

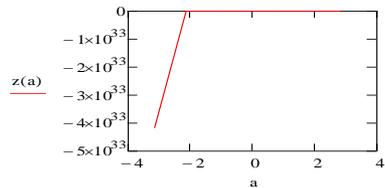
На основании полученных формул (9) и (7) определяем минимальное число рабочих шариков:

$$z = \frac{Q}{[q]\lambda \sin^2 \alpha \cos \psi}. \quad (10)$$

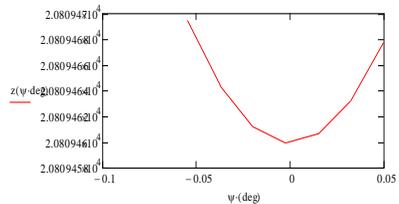
$$z(Q) := \frac{Q}{q \cdot \lambda \cdot \sin(\alpha)^2 \cdot \cos(\psi)}$$



$$z(\alpha) := \frac{Q}{q \cdot \lambda \cdot \sin(\alpha)^2 \cdot \cos(\psi)}$$



$$z(\psi) := \frac{Q}{q \cdot \lambda \cdot \sin(\alpha \cdot \text{deg})^2 \cdot \cos(\psi \cdot \text{deg})}$$



Построенные графики позволяют оценить зависимости и характеристики при выборе параметров шариковинтовых механизмов.