

УДК 621.83.06

## ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ НА КПД СФЕРИЧЕСКИХ РОЛИКОВЫХ ПЕРЕДАЧ

Е. С. ЛУСТЕНКОВА

Научный руководитель М. Е. ЛУСТЕНКОВ, д-р техн. наук, проф.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Сферические роликовые передачи (СРП) с двухрядным сателлитом используют принцип клина (наклонной поверхности) по аналогии с винтовыми парами и червячными передачами [1]. Средний КПД таких передач зависит от геометрических параметров и коэффициентов трения. Он может быть определен на стадии проектирования по формуле [2]

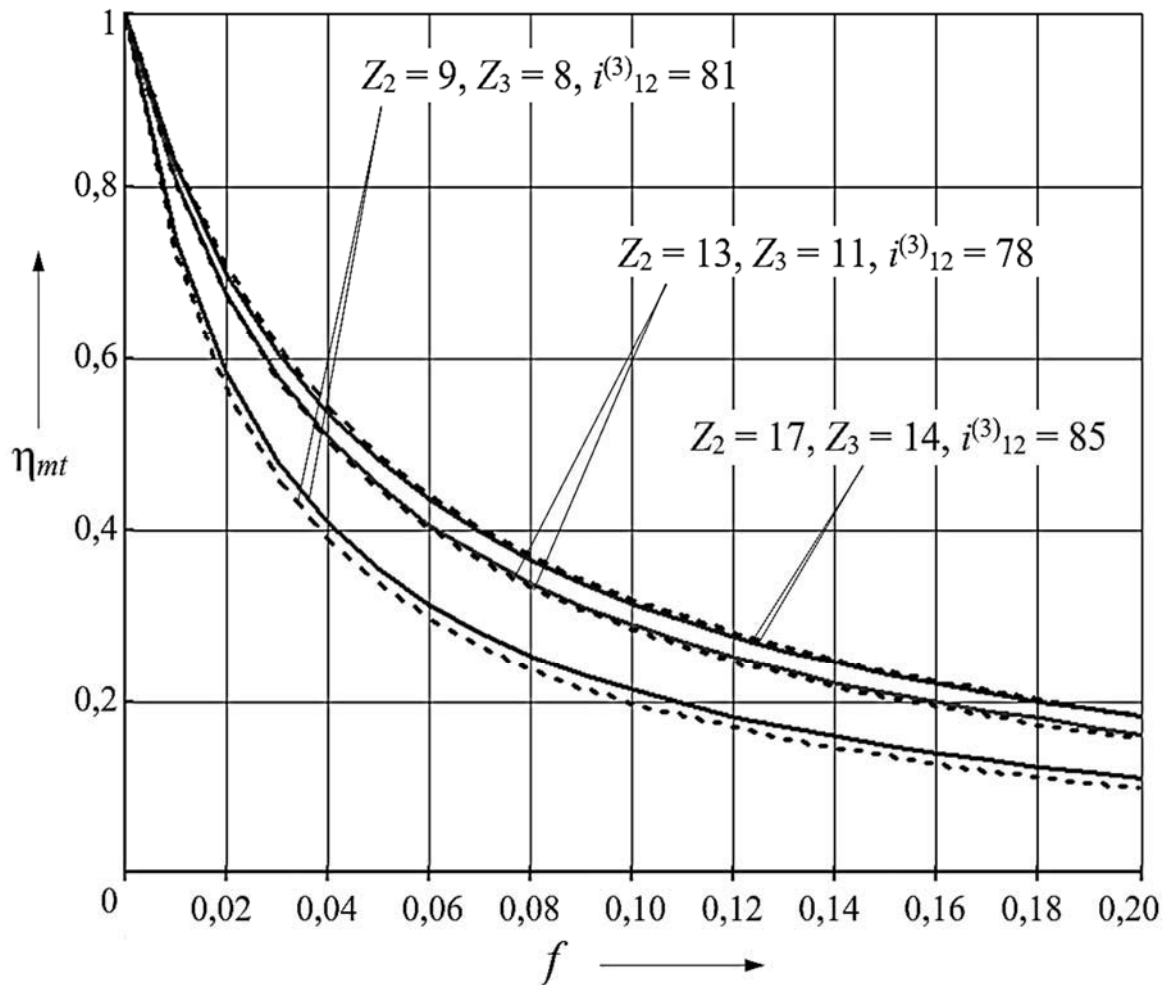
$$\eta_{m1} = \frac{\sin(\alpha_{m3} - \psi) \cdot \sin(\alpha_{m2} + \psi) \cdot (\operatorname{tg}(\alpha_{m1}) + \operatorname{tg}(\alpha_{m3}))}{|i_{12}^{(3)}| \cdot \sin(\alpha_{m2} - \alpha_{m3} + 2 \cdot \psi) \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{m1}) \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{m3})}, \quad (1)$$

где  $\alpha_{m2}$ ,  $\alpha_{m3}$  – углы подъема беговых дорожек ведомого и остановленных кулачков;  $\psi$  – угол трения, зависящий от коэффициента трения  $f$ ,  $\psi = \operatorname{arctg}(f)$ .

Коэффициент трения является приведенным: он учитывает потери при качении и скольжении. Для СРП экспериментально установлено значение  $f = 0,02$ . Исследуем влияние приведенного коэффициента трения на КПД СРП при варьировании трех факторов: передаточного отношения  $i_{12}^{(3)}$ ; абсолютной разницы чисел периодов беговых дорожек ведомого  $Z_2$  и остановленных  $Z_3$  кулачков  $\Delta Z_s$ ; угла наклона кривошипа  $\Theta$  на ведущем валу для установки сателлита. В исследуемой формуле (1) принимались постоянными радиусы основных сфер для размещения траекторий центров масс роликов, контактирующих с остановленными и ведомым кулачками:  $R_3 = 50$  мм,  $R_2 = 40$  мм. Средние углы подъема беговых дорожек определялись по формуле  $\alpha_{mj} = \operatorname{arctg}(2 \cdot \Theta \cdot Z_j / \pi)$ , где  $j$  – индекс принадлежности ведомому ( $j = 2$ ) и остановленным ( $j = 3$ ) кулачкам.

Зависимость КПД роликового зацепления СРП от приведенного коэффициента трения показана на рис. 1. Подтверждается, что при большей разнице  $|Z_2 - Z_3|$  и сопоставимых значениях передаточных отношений ( $i_{12}^{(3)} = 81$  при  $\Delta Z_s = 1$ ;  $i_{12}^{(3)} = 78$  при  $\Delta Z_s = 2$ ;  $i_{12}^{(3)} = 85$  при  $\Delta Z_s = 3$ ) средний КПД выше и снижается менее интенсивно при увеличении  $f$ . При этом влияние угла  $\Theta$  также снижается при увеличении чисел периодов беговых дорожек  $Z_2$  и  $Z_3$  и абсолютного значения их разницы.

Приняв постоянным разницу  $\Delta Z_s = 2$  и угол  $\Theta = 0,133$  рад, можно оценить влияние коэффициента трения  $f$  на средний КПД СРП в зависимости от передаточного отношения (и чисел периодов беговых дорожек). Увеличение передаточного отношения ожидаемо приводит к снижению КПД.



— — для передач с углом  $\Theta = 0,133$  рад; - - - - для передач с углом  $\Theta = 0,111$  рад

Рис. 1. Зависимость среднего КПД СРП от приведенного коэффициента трения

Однако при больших значениях  $f$  передача с меньшим передаточным отношением начинает проигрывать. Это связано с тем, что угол трения, увеличиваясь, приближается к значениям углов подъема беговых дорожек, а КПД передач с использованием принципа клина зависит от разницы углов  $\alpha$  и  $\psi$ . В передачах с большим передаточным отношением (и большими числами периодов дорожек) при равных радиусах основных сфер (радиальных габаритах СРП) углы подъема имеют большие значения и увеличение углов трения влияет в меньшей степени.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Lustenkov, M. E.** Load Capacity of Spherical Roller Transmission with Double-Row Pinion / M. E. Lustenkov, E. S. Lustenkova // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – 795 (2020) 012020. – P. 6.
2. **Лустенков, М. Е.** Определение КПД передач с составными промежуточными телами качения / М. Е. Лустенков // Изв. вузов. Машиностроение. – 2014. – № 6. – С. 13–19.