

ПОВЫШЕНИЕ НАГРУЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ И СНИЖЕНИЕ МАССОГАБАРИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИВодОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Могилевский государственный технический университет
Могилев, Беларусь*

При проектировании планетарных радиально-плунжерных редукторов часто встает задача уменьшения передаваемой нагрузки, приходящейся на один плунжер, за счет увеличения количества одновременно работающих плунжеров. Однако, при некоторых сочетаниях между числом периодов m центрального колеса, величиной его среднего радиуса R и величиной диаметра плунжеров d , при формообразовании рабочего профиля концевой фрезой происходит подрезание его вершин. Устранение подрезания при увеличении радиуса R приводит к значительному повышению габаритов и материалоемкости редуктора.

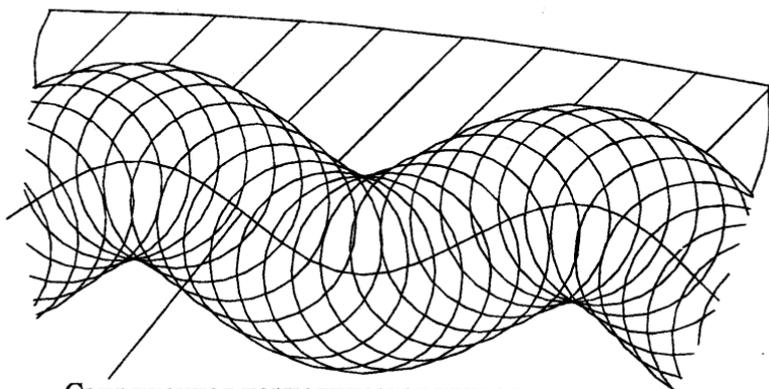
Задача уменьшения величины подрезания и, как следствие, увеличения числа участвующих в работе плунжеров решена на основе моделирования кулачково-плунжерного зацепления. Зацепление при моделировании имитировалось множеством положений плунжеров, расположенных на окружности радиуса R при ее вращении вокруг оси, смещенной на величину эксцентриситета e . В этом случае уравнение периодической кривой, представляющей собой линию, по которой движутся центры сферических плунжеров, в полярной системе координат имеет вид

$$\rho = \sqrt{(R+r)^2 - e^2 \cdot \sin^2(m\varphi)} + e \cdot \cos m\varphi, \quad (1)$$

где e – величина эксцентриситета, принимаемая равной $e = d/4$, r – радиус плунжера.

С помощью языка программирования Visual Basic for Application для графического редактора AutoCAD разработана программа, которая на основе уравнения сопряженной кривой (1) строит заданное количество положений плунжера, при этом фактический профиль кулачка представляет собой огибающую этих положений. По ее виду можно судить о величине подрезания, а при изменении основных параметров передачи можно добиться минимального значения этого подрезания.

При помощи этой программы построен профиль кулачка с исходными данными: $u = 50$, $r = 10$ мм и $R = 170$ мм. Как видно из рис.1 вершины профиля закруглены и неподрезаны. При тех же u и r , но меньшем радиусе смещенной окружности ($R = 85$ мм) вершины профиля оказываются заостренными, а величина подрезания, т.е. срезанный участок BC , имеет значение $a = 2,43$ мм (см. рис.2). При этом плунжеры, расположенные на участке BC , оказываются ненагруженными.



Сопряженная периодическая кривая

Рис. 1. Фрагмент профиля кулачково-плунжерного зацепления без подрезания

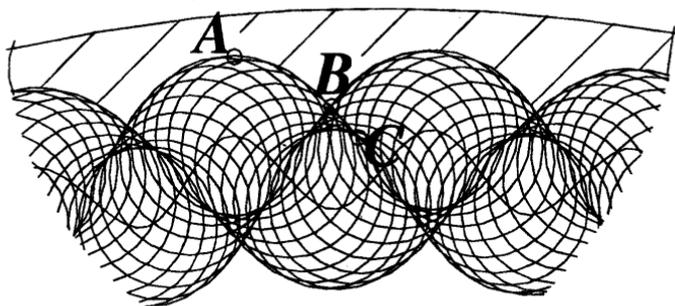


Рис. 2. Фрагмент профиля кулачково-плунжерного зацепления с подрезанными вершинами

Отношение значений длин участков BC и AC, которые можно с достаточной точностью представить в виде дуг окружностей, соответствует доле плунжеров, не участвующих в передаче нагрузки. Число таких плунжеров можно определить по формуле

$$N_0 = \frac{BC}{AC} \cdot N, \quad (2)$$

где N – наибольшее число одновременно нагруженных плунжеров, $N = (u - 1)/2$.

Для кулачка, профиль которого представлен на рис.2, эта формула дает $N_0 = 5$.

Для оценки снижения нагрузочной способности передачи из-за подрезания участков рабочего профиля, определим, какая часть нагрузки приходится на плунжеры, расположенные на этих участках.

Согласно [1], уровень нагрузки на плунжер по мере его перемещения вдоль беговой дорожки изменяется. Его наибольшие значения соответствуют среднему участку профиля, а наименьшие – крайним участкам. На рис.3 показан график изменения коэффициента нагрузки плунжера в зависимости от его положения, построенный для профиля, представленного на рис.2 при величине передаваемого момента $M = 200 \text{ Нм}$.



Рис. 3. График изменения коэффициента нагрузки

Величина нагрузки плунжера в каждом i -ом положении по аналогии с [1] определяется по формуле

$$M_i = M_{\max} \xi_i, \quad (3)$$

где ξ_i – коэффициент нагрузки плунжера, изменяющийся от 1, когда плунжер находится на участке с максимальным углом подъема беговой дорожки $\alpha = \alpha_{\max}$, до 0, когда плунжер находится в точке с нулевым углом подъема $\alpha = 0$, т.е.

$$\xi_i = \frac{|\operatorname{tg} \alpha_i|}{\operatorname{tg} \alpha_{\max}}; \quad (4)$$

M_{\max} – наибольший момент, приходящийся на один плунжер, который определяется по формуле

$$M_{\max} = \frac{M}{\sum_{i=0}^N \xi_i}. \quad (5)$$

Используя формулы (2) – (5), значение дополнительной нагрузки, испытываемой нагруженными плунжерами вследствие явления подрезания, определим по формуле

$$M_0 = \sum_{i=N-N_0}^{i=N} M_i . \quad (6)$$

Для профиля, представленного на рис.2, величина дополнительной нагрузки равна 31,5 Нм, что составляет около 16% от номинальной. Эту нагрузку необходимо учитывать в проектировочных расчетах на контактную прочность.

На основе моделирования кулачково-плунжерного зацепления можно осуществить оптимизацию конструкции кулачка по критерию минимума массогабаритных параметров. Условие этой задачи можно сформулировать следующим образом: требуется найти такое сочетание значений переменных r и R , при котором будет обеспечен минимум функции массы $m = f(r, R) \rightarrow \min$, а величина подрезания $a = f(r, R)$ не превысит допустимого значения $a_{\text{доп}}$. В этом случае задача оптимизации фактически сводится к определению зависимости массы от величины подрезания.

Предлагаемая модель дает возможность показать, до какой степени целесообразно уменьшить величину подрезания, обеспечивая при этом требуемые динамические характеристики передачи и минимальные массогабаритные параметры. Кроме того, предложенная модель может быть использована при профилировании специальных долбяков для обработки многопериодного кулачка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пашкевич М.Ф., Геращенко В.В. Планетарные шариковые и роликовые редукторы и их испытания. – Мн.: БелНИИНТИ, 1992. – 248 с.