

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СФЕРИЧЕСКОЙ ШАРИКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ, РАБОТАЮЩЕЙ В МУЛЬТИПЛИКАТОРНОМ РЕЖИМЕ

М.Е. Лустенков, д.т.н., проф.

Е.С. Лустенкова, ст. преподаватель

*Белорусско-Российский университет, 212000, Республика Беларусь, г. Могилев, пр.Мира, 43,
тел. (+375 296)-875-121*

E-mail: lustenkov@yandex.ru

Разработана конструктивная схема мультипликатора на основе сферической шариковой передачи (СШП) с двухрядным сателлитом, позволяющей реализовывать широкий диапазон передаточных отношений [1]. Создана компьютерная модель СШП в системе NX (рис. 1). Рассмотрим принцип работы механизма в редукторном режиме [2]. При вращении ведущего вала 1 вращается его наклоненный участок (эксцентрик) 2. На нем с возможностью вращения относительно эксцентрика размещен сателлит 3. На сателлите установлены два ряда тел качения (шариков) 4 и 5. Шарiki контактируют с периодической беговой дорожкой, изготовленной на внутренней сферической поверхности корпуса 6, и беговой дорожкой на внутренней сферической поверхности ведомого вала 7. В мультипликаторном режиме движение от вала 7 передается на вал 1.

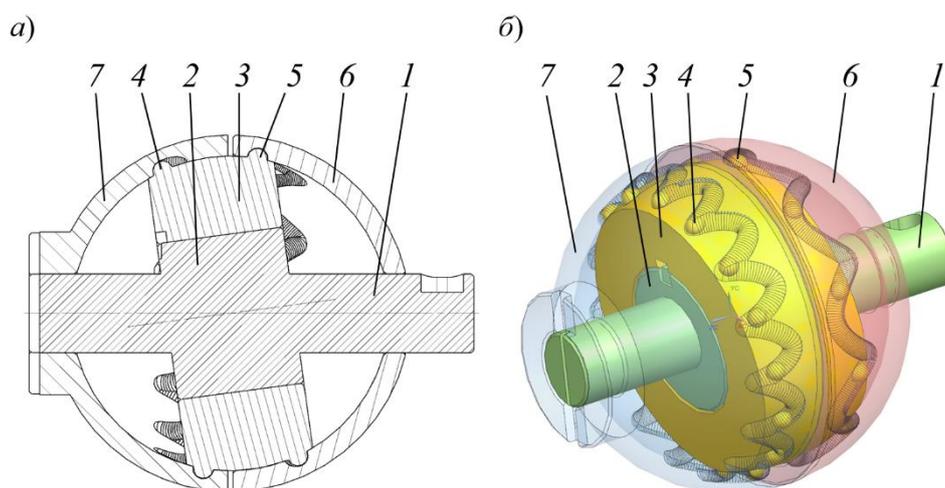
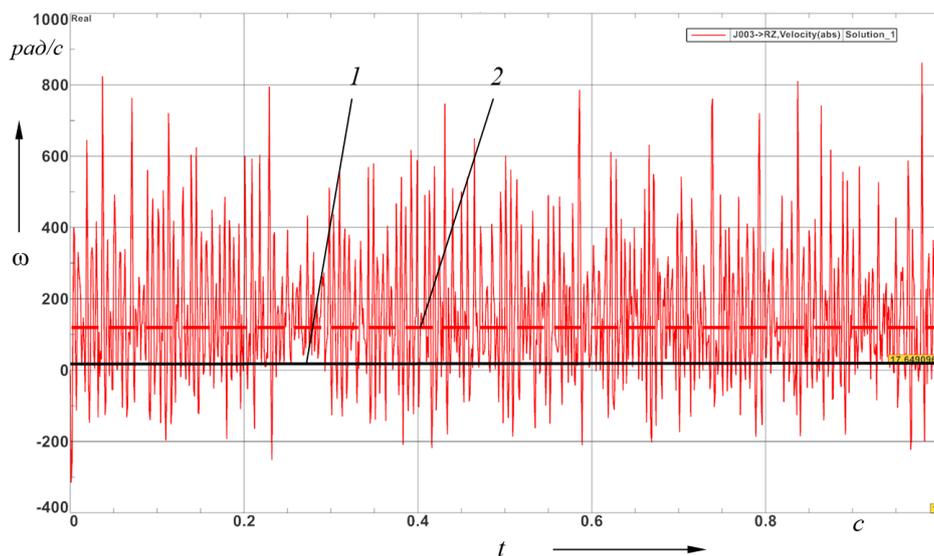


Рис. 1. Конструктивная схема (а) и общий вид (б) модели СШП.

Диаметр основной сферы (поверхности расположения центров масс шариков и их траекторий движения) принимался равным 60 мм, диаметр шариков – 4 мм. Соотношение чисел тел качения и периодов беговых дорожек корпуса 6 и вала 7 обеспечивают коэффициент мультипликации, равный $u_m = 25$.

В системе NX был проведен кинематический и силовой анализы модели. В модели тела качения заменялись сферическими выступами, соединенными с телом сателлита, т. к. множественный контакт с учетом зазоров существенно бы усложнил модель и ее компьютерный анализ. Поэтому рассматривалось движение трех тел: входного 7 и выходного 1 валов и сателлита 3. На входной вал с беговой дорожкой на внутренней сферической поверхности устанавливался вращательный шарнир с заданным вращением относительно оси передачи с постоянной угловой скоростью $\omega_1 = 2 \cdot \pi$ рад/с. На корпус с беговой дорожкой на внутренней сферической поверхности налагался фиксированный шарнир. На выходной вал был установлен вращательный шарнир, также шарнир вращения устанавливался между цилиндрическими поверхностями эксцентрика выходного вала и отверстия сателлита. На входной вал действует момент сопротивления $T_{вых} = -10$ Н·м (знак минус показывает на то, что векторы скорости и момента противоположны, как и

положено для ведомого вала). Динамический коэффициент трения в 3D-контактах шариков (сферических выступов) и беговых дорожек принимался равным $f = 0,1$ (статический коэффициент равен 0,2). Другие параметры контакта имели следующие значения: коэффициент жесткости 100 000 Н/мм, экспонента силы 2, коэффициент демпфирования материала 10 Н·с/мм. Скорость сцепления 0,01 мм/с, скорость трения 0,1 мм/с. Использовался встроенный решатель Adams. Было получено 1000 расчетных точек решения системы уравнений (рис. 2) за время $t = 1$ с.



1 – скорость входного вала $\omega_{вх}$; 2 – скорость выходного вала $\omega_{вых}$

Рис. 2. Угловые скорости звеньев.

Средняя скорость выходного вала в 25 раз выше скорости входного: $\omega_{вых} = 25 \cdot 6,28 = 157$ рад/с. Колебания мгновенных значений угловой скорости связаны с заданными зазорами в модели для интерференции тел и параметрами 3D-контактов. Также был исследован создаваемый момент на входном валу $T_{вх}$, который должен возникать для обеспечения момента на выходном валу $T_{вых} = 10$ Н·м. Среднее значение исследуемого момента составило $T_{вх} = 280$ Н·м. Для определения среднего КПД η будем оперировать также средними значениями угловых скоростей:

$$\eta = \frac{T_{вых} \cdot \omega_{вых}}{T_{вх} \cdot \omega_{вх}} = \frac{T_{вых}}{T_{вх}} \cdot u_m = \frac{10}{280} \cdot 25 = 0,89. \quad (1)$$

Нужно отметить, что при оценке потерь на трение не учитывались потери во вращательных шарнирах – подшипниках качения, что на практике снизит полученные значения КПД. В целом, результаты анализа свидетельствуют о перспективах использования СШП с двухрядным сателлитом в мультипликаторных механизмах с учетом возможности замены скольжения качением.

Список литературы:

1. Efremkov E. A., Kobza E.E., Efremenkova S.K. Force Analysis of Double Pitch Point Cycloid Drive with Intermediate Rolling Elements and Free Retainer [Electronic resource] // Applied Mechanics and Materials Scientific Journal: Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS2014). – 2015. – Vol. 756. – P. 29–34.
2. Лустенкова Е. С. Определение оптимальных геометрических параметров сферических роликовых передач по критерию максимального КПД // Вестник Белорусско-Российского

**XIV Международная научно-техническая конференция
«Современные проблемы машиностроения»**

университета. – 2019. – № 4 (65). – С. 34–42.