

АНАЛИЗ ПЛАВНОСТИ ХОДА КИНЕМАТИЧЕСКОГО ВОЛНОВОГО РЕДУКТОРА С ТОРЦЕВЫМ ЗАЦЕПЛЕНИЕМ

Никулин П. А., Степанова Д. Л.

Крауиньш П. Я.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Niko91@tpu.ru

Введение. Одним из главных преимуществ волновой передачи является возможность получения очень большого передаточного отношения между колесом и шестерней редуктора (до 1000 в одной ступени). Благодаря наличию гибкого звена в волновой при работе в зацеплении участвует не один зуб, а несколько (до 20-25% от общего числа зубьев), что позволяет значительно увеличить кинематическую и циклическую точность передачи, разгружать зубья, уменьшать вес передачи.

Особенно перспективно применение волновых передач при необходимости получения высокой кинематической точности и плавности работы выходного вала зубчатого колеса. Высокая кинематическая точность и плавность работы обеспечиваются за счет того, что в волновой передаче имеется несколько симметричных зон зацепления зубьев, образующих уравновешенную и самосбалансирующуюся систему.

В зубчатом зацеплении немаловажную роль играет такой параметр передачи как плавность хода. Комплексным показателем плавности работы зубчатого колеса является циклическая погрешность, под которой понимают часть кинематической погрешности, многократно повторяющаяся за один оборот проверяемого колеса при однопрофильном зацеплении с эталонным колесом. Погрешности плавности хода зубчатого колеса, многократно периодически повторяющиеся за оборот, снижают долговечность скоростных и особенно тяжело нагруженных скоростных передач. Они вызывают повторяющиеся разрывы контакта сопряженных зубьев, крутильные колебания привода, поперечные колебания валов и вибрацию всего агрегата.

Кинематическая схема волнового редуктора с торцевым зацеплением. На рисунке 1 изображена кинематическая схема движения торцевого кинематического волнового редуктора. Колесо z_3 неподвижно закреплено в корпусе редуктора. Шестерня z_2 посажена на эксцентриковый вал, между неподвижным колесом z_3 и выходным колесом z_1 . Шестерня имеет зубья с двух торцов $z_2 = 50$ и $z'_2 = 50$, и находится в зацеплении с неподвижным колесом z_3 , передавая движение на колесо $z_1 = 49$. Таким образом, колесо z_3 служит опорой для шестерни.

Примечательным в этой схеме является движение шестерни. Она не только вращается вокруг своей наклонной оси, но и колеблется на угол α от колеса z_3 до колеса z_1 . За половину оборота шестерня перекачивается из положения указанного на верхней части рисунка 1 в положение указанное на нижней части рисунка 1, а за следующую половину оборота обратно.

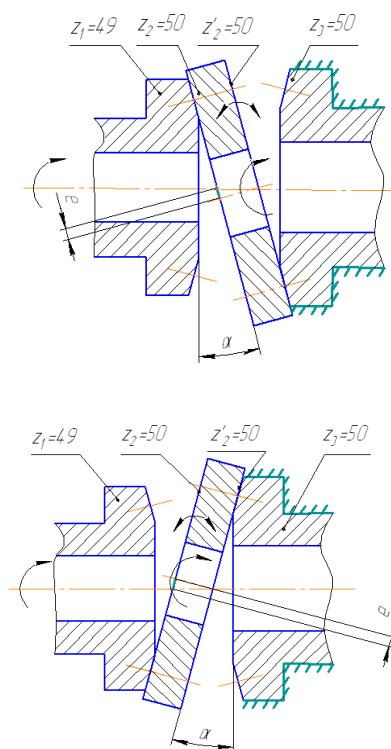


Рис. 1 Кинематическая схема движения редуктора.

Рассмотрим подробно, как же при таком сложном движении ведут себя зубья шестерни.

На рис. 2 показано движение зубьев во время движения шестерни. Стрелками показано направление движения зуба и впадины (рис. 2 а). Такое положение, при котором зуб полностью входит в пазину, зубья шестерни занимают поочередно, так как одновременно два зуба такое положение занять не могут (только если один на одной стороне шестерни, а второй – на обратной). Только в этом положении зуб выходит из впадины в строго противоположном направлении (под углом 180°). Остальные зубья – только под разными углами, ориентированными не в

плоскости, как на рисунке 2 а в пространстве. Это можно наблюдать на рис. 2 б. Красные области – это области интерференции зубьев и впадин колеса и шестерни. По этим областям видно, что зубья, отдаляясь от среднего положения, контактируют с впадинами не в одной и той же точке, а в каждой соседней, двигаясь по спирали. Таким образом, это движение приводит к тому, что на износ работает вся поверхность зуба и впадины.

Анализ плавности хода. Для исследования плавности хода торцевого кинематического волнового редуктора с помощью программы Solid Works построена виртуальная модель редуктора. С помощью этой модели проведем исследование плавности хода колеса. Исследование заключается в том, чтобы выявить на какой угол поворачивается колесо при повороте шестерни на 360° . Для этого необходимо вращать входной вал, на котором установлена шестерня, которая в свою очередь находится в зацеплении с колесом. При вращении входного вала угол поворота колеса может быть неравномерным. Поворачивая вал на определенный угол и измеряя при этом на какой угол повернулось колесо, можно проанализировать плавность хода редуктора, за один полный оборот вала. Полученные данные сведем в таблицу 1 и по ним построен график (рис 3) зависимости угла поворота колеса от угла поворота вала.

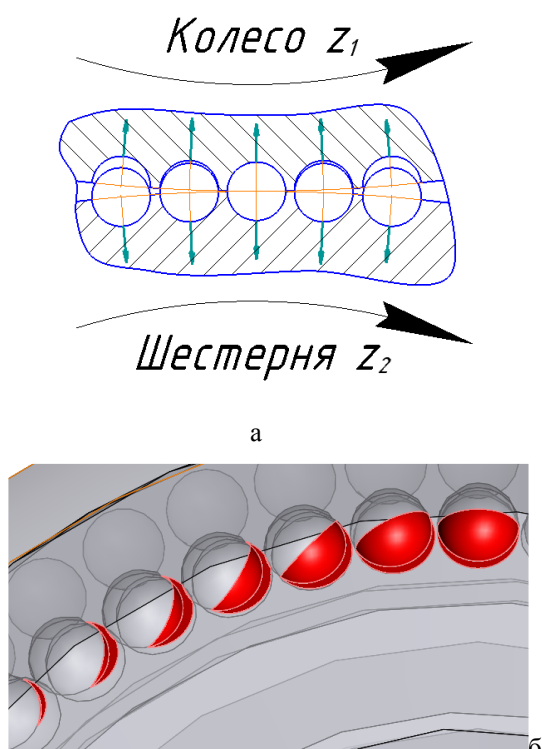


Рис.2. Зацепление колеса и шестерни: а – вид спереди; б – вид справа.

Результаты исследования. В процессе анализа плавности хода торцевого кинематического волнового редуктора в зависимости от поворота

входного вала найдена зависимость значений углов поворота входного вала и колеса редуктора, на основе которых был построен график. Построенный график имеет линейную форму характер которой говорит о равномерности и плавности хода зубчатого зацепления.

Таблица 1. Значение углов поворота вала и колеса

№ измерения	Угол поворота вала, град	Угол поворота колеса, град
1	0	0
2	20	0,4
3	40	0,6
4	60	0,8
5	80	1,2
6	100	1,6
7	120	2
8	140	2,6
9	160	3
10	180	3,35
11	200	3,9
12	220	4,3
13	240	4,76
14	260	5,2
15	280	5,5
16	300	6
17	320	6,35
18	340	6,71
19	360	7,2

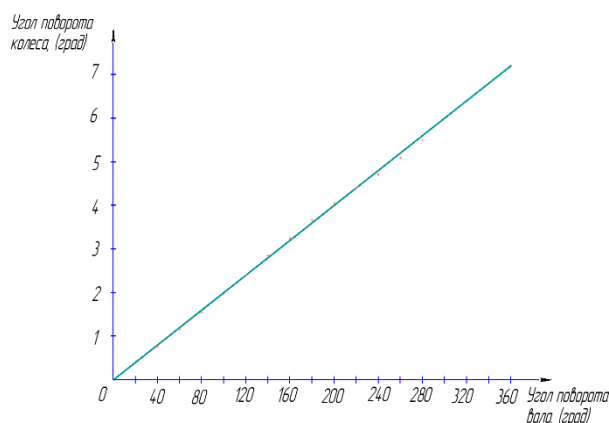


Рис.3 График зависимости угла поворота колеса от угла поворота вала.

Список использованных источников

1. В.А.Гавриленко. Зубчатые передачи в машиностроении (Теория эвольвентных зубчатых передач). М.: Машгиз - 1962, 530 стр., илл.
2. Ф.Л.Литвин Теория зубчатых зацеплений. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: - Наука - 1968, 584 стр., илл.
3. Кудрявцев В. Н., Зубчатые передачи, М. — Л. : Машиностроение, 1957;
4. Решетов Д. Н., Детали машин, М. : Машиностроение, 1963;