УДК 621.833.12

АНАЛИЗ ТРЕХПОДВИЖНОЙ ВЫСШЕЙ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ПАРЫ «ЗУБЧАТОЕ КОЛЕСО – ЗУБЧАТАЯ РЕЙКА»

Н. А. ПОЛИВОДА, М. М. ЩЕТИНИН, А. А. ПРИХОДЬКО
Кубанский государственный технологический университет
Краснодар, Россия

Зубчато-реечная передача широко применяется для преобразования вращательного движения в линейное перемещение в различных машинах и механизмах: автомобилях (рулевые механизмы), фрезерных и токарных станках, прессах и подъемных механизмах, роботах-манипуляторах и конвейерах [1].

Наиболее распространенным вариантом такой передачи является зацепление зубчатого колеса с плоской рейкой, имеющей эвольвентные профили зубьев [2]. Такое соединение представляет собой высшую кинематическую пару, недостатком которой является ограниченная функциональность, обусловленная наличием только двух степеней свободы.

Предлагается трехподвижная высшая кинематическая пара «зубчатое колесо – зубчатая рейка», в которой зубчатая рейка представляет собой тело вращения, полученное путем поворота вокруг оси вращения эскиза в виде исходного контура зубчатой рейки по ГОСТ 13755–2015 (рис. 1).

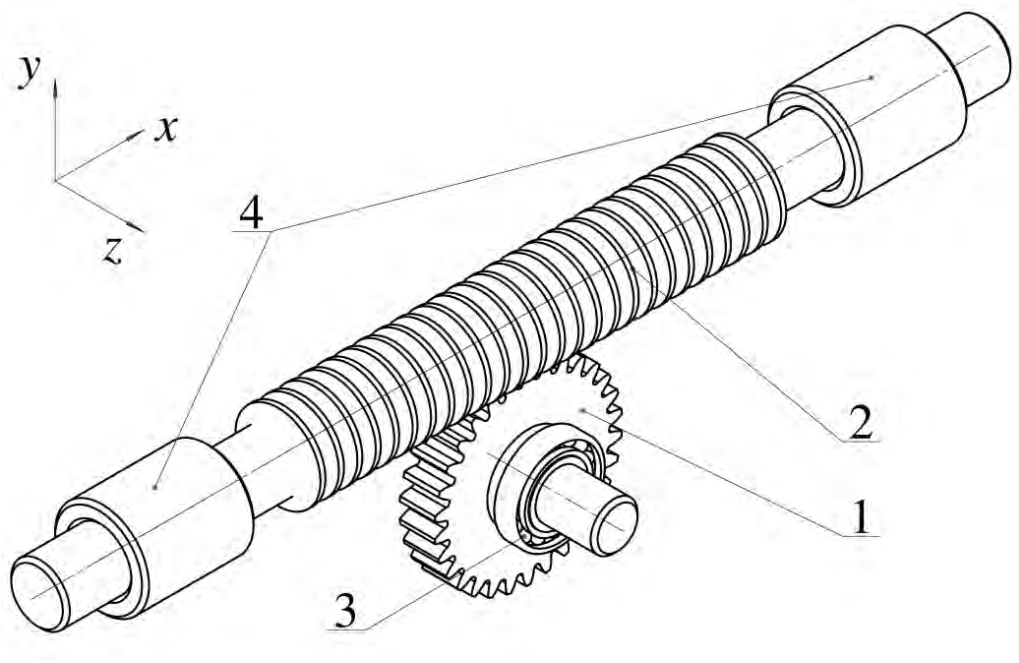

Рис. 1. Трехподвижная высшая кинематическая пара «зубчатое колесо – зубчатая рейка»: 1 – зубчатое колесо; 2 – зубчатая рейка; 3 – вращательная кинематическая пара (подшипник); 4 – цилиндрическая кинематическая пара (линейные подшипники)

Трехподвижная высшая кинематическая пара «зубчатое колесо – зубчатая рейка» работает следующим образом. При повороте зубчатого колеса 1 вокруг оси z зубчатая рейка 2 перемещается вдоль оси x за счет эвольвентного

зубчатого зацепления. За счет выполнения зубчатой рейки в виде тела вращения она имеет возможность вращательного движения вокруг оси x, за счет чего и реализуется дополнительная подвижность в кинематической паре.

В качестве примера на рис. 1 приведен механизм с использованием трехподвижной высшей кинематической пары «зубчатое колесо – зубчатая рейка», имеющий следующие параметры эвольвентного зацепления: угол главного профиля α = 20°; модуль m = 5 мм без смещения исходного контура; коэффициент высоты головки зуба h_a = 1; коэффициент высоты ножки зуба h_f = 1,25; шаг зуба P = 15,708 мм. Определим подвижность такого механизма с помощью структурной формулы [3, 4]

$$W = \sum_{i=1}^{П-1} ip_i - kП,$$

где k – количество замкнутых независимых контуров, $k = p - n$; p – общее количество кинематических пар; n – количество звеньев; i – подвижность кинематической пары; p_i – количество кинематических пар i-й подвижности; $П$ – подвижность пространства, в котором существует механизм.

Представленный механизм содержит одну одноподвижную (p_1 = 1) вращательную кинематическую пару (подшипник 3), одну двухподвижную (p_2 = 1) разнесенную цилиндрическую кинематическую пару (линейные подшипники 4) и трехподвижную высшую кинематическую пару «зубчатое колесо – зубчатая рейка» (p_3 = 1), состоит из двух звеньев 1 и 2 и существует в четырехподвижном пространстве с двумя вращательными движениями вокруг осей z и x и двумя поступательными движениями вдоль осей x и y ($П$ = 4). Механизм содержит один замкнутый независимый контур ($k = 3 - 2 = 1$). Подставляя полученные исходные данные в формулу подвижности, имеем $W = 1 \cdot 1 + 2 \cdot 1 + 3 \cdot 1 - 1 \cdot 4 = 2$. Следовательно, механизм является двухподвижным и может быть приведен в движение от двух приводов, один из которых вращает зубчатое колесо 1, а другой вращает рейку 2, при этом положение механизма однозначно определяется двумя обобщенными координатами φ_z и φ_x.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Прокшин, С. С.** Зубчато-реечная передача с гиперболоидным зацеплением / С. С. Прокшин, С. М. Минигалеев, В. Р. Мухамадеев // Вестн. Уфим. гос. авиац. техн. ун-та. – 2016. – Т. 20, № 4 (74). – С. 32–37.

2. **Кожевников, С. Н.** Механизмы: справочник / С. Н. Кожевников, Я. И. Есипенко, Я. М. Раскин; под ред. С. Н. Кожевникова. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1976. – 784 с.

3. **Смелягин, А. И.** Структура механизмов и машин / А. И. Смелягин. – Москва: Высшая школа, 2006. – 304 с.

4. **Приходько, А. А.** Структурный синтез перемешивающих устройств с возвратно-вращательным движением рабочих органов / А. А. Приходько, А. И. Смелягин // Вестн. Дон. гос. техн. ун-та. – 2015. – № 4. – С. 69–75.