

УДК 681.3

СИНТЕЗ ПЛАНЕТАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ С НЕКРУГЛЫМИ ЦЕНТРАЛЬНЫМИ КОЛЕСАМИ

Максим Дмитриевич Ведерников

Аспирант (1 год) (аспирантура)

кафедра «Машиностроение»

Курганский государственный университет

Волков Глеб Юрьевич (Доктор наук, Доцент, ФГБОУ ВО "Курганский государственный университет, кафедра: Машиностроение)

Развитие технологий позволяют производить новые изделия, изготовление которых ранее было невозможно или невыгодно. В частности, это касается планетарных механизмов с некруглыми центральными зубчатыми колесами и плавающими сателлитами. Пока такие механизмы нашли применение только в гидромоторах, которые мелкими сериями производятся на единственном в мире предприятии ГИДРОМЕХ в Польше. Одной из причин малого распространения планетарных механизмов с некруглыми колесами является сложность проектирования их звеньев. Задача данного исследования – разработать методику геометрического расчета подобного планетарного механизма.

За основу принят подход, предложенный в работах [1, 2], согласно которому расчет начинается с выбора параметров круглозвенного планетарного механизма-аналога и выбора циклической функции $r_1(\varphi_1)$, характеризующей траектории центров сателлитов. В полярных системах координат, связанных с каждым из центральных зубчатых колес:

$$r_1(\varphi_1) = r_0 \cdot (1 + k_H \cdot F(M \cdot \varphi_1)); \quad (1)$$

$$r_2(\varphi_2) = r_0 \cdot (1 + k_H \cdot F(N \cdot \varphi_2)), \quad (2)$$

где M и N – числа волн центральных колес; $r_1(\varphi_1)$ и $r_2(\varphi_2)$ – радиус-векторы траекторий центра сателлита; φ_1 и φ_2 – текущие углы поворота, мнимого водила в полярных координатах, связанных с солнечной шестерней 1 и эпициклом 2; k_H – коэффициент «некруглости» траекторий; r_0 – радиус расчетной окружности (в которую вырождаются обе траектории при $k_H = 0$);

Согласно методикам [1, 2], далее, по каждому из центральных колес рассчитываются массивы координат φ ; $r(\varphi)$; φ_c для множеств положений сателлита в предположении, что центры обоих колес 1 и 2 являются огибающими к центральной траектории сателлита.

$$\varphi_{c1(2)} = \left(1 \pm \frac{z_{1(2)}}{z_2}\right) \cdot \xi_{1(2)} \cdot \int_0^\varphi \sqrt{(r_1(\varphi_{1(2)}))^2 + (r'_1(\varphi_{1(2)}))^2} d\varphi, \quad (3)$$

где $r'_1(\varphi_{1(2)})$ – производная соответствующей функции $r_1(\varphi_1)$ или $r_2(\varphi_2)$;

$\xi_{1(2)}$ – коэффициент, учитывающий изменение длины данной центральной траектории сателлита по сравнению с окружностью:

$$\xi_{1(2)} = \frac{2\pi \cdot r_0}{\int_0^{2\pi} \sqrt{(r_{1(2)}(\varphi_{1(2)}))^2 + (r'_{1(2)}(\varphi_{1(2)}))^2} d\varphi}. \quad (4)$$

В итоге строятся контуры некруглых зубчатых колес как огибающие этих множеств. При детальном рассмотрении компьютерной «сборки» полученных венцов планетарного механизма (рис.1) видна небольшая интерференция зубьев сателлита 3 и эпицикла 2. На практике это приводит к «подклиниванию», затрудненному движению механизма.

Нами предлагается использовать уравнение вида (3), то есть, строить центроиду, как эквидистанту траектории сателлита, только для одного колеса (например, солнечной шестерни 1). Профиль зубчатого венца другого колеса (эпицикла 2) будем находить как огибающую семейства профилей сателлитов, обкатывающиеся по первому колесу. Таким образом солнечная шестерня строится по уравнениям 1, 3, а эпицикл по формулам (5), (6):

$$\varphi_2 = \varphi_1 * M/N, \tag{5}$$

$$\varphi_{c2} = -(\varphi_{c1} - \varphi_1 * (1 + N/M)) \tag{6}$$

Данный подход полностью исключает интерференцию (рис. 2) и, соответственно, «подклинивание» зубьев.

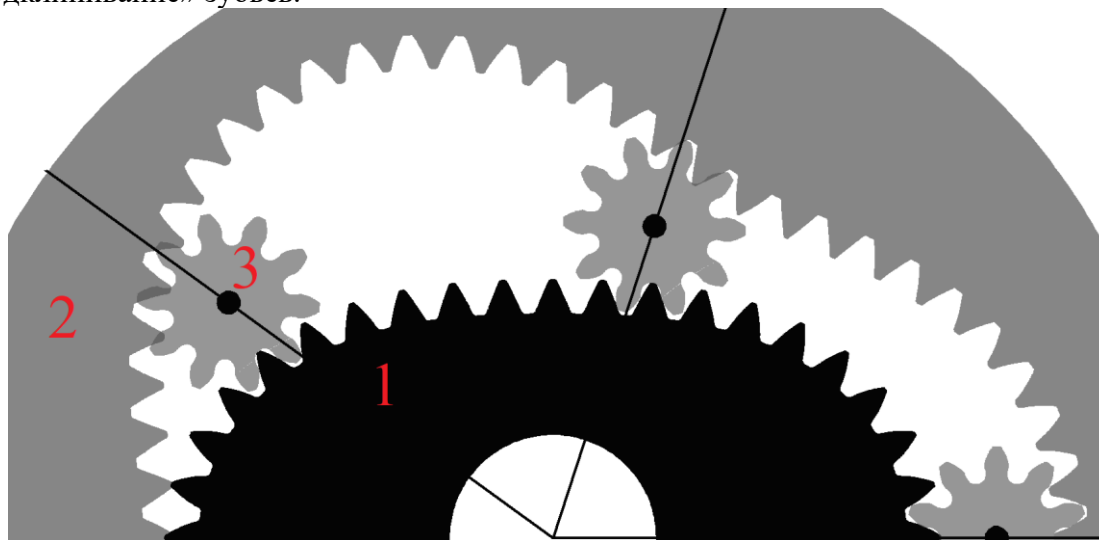


Рис.1. Ошибка положения сателлита

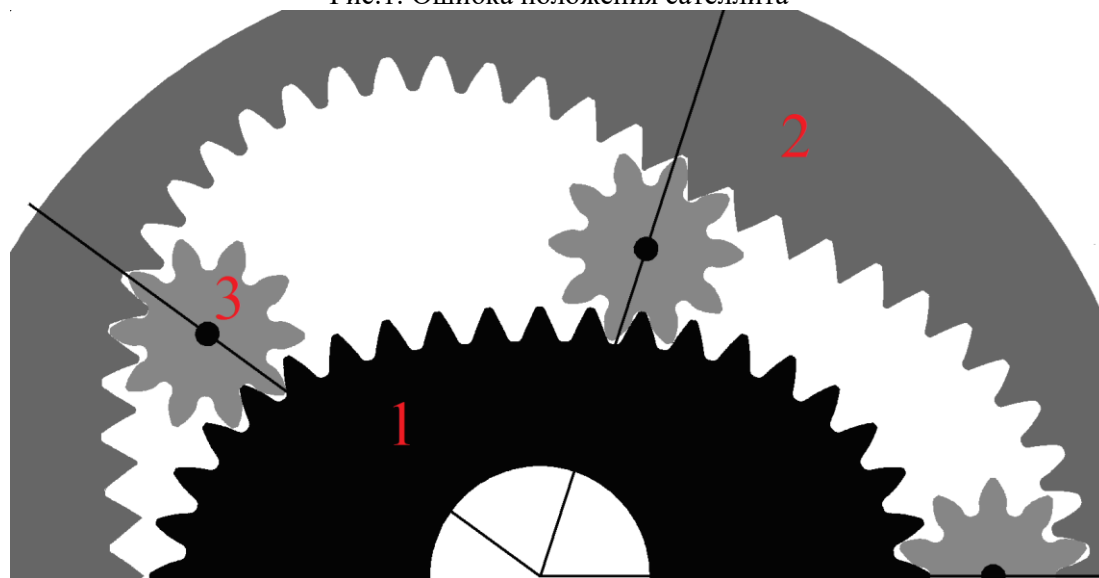


Рис.2. Устранение ошибки при помощи нового подхода

Использование предлагаемой методики позволит конструкторам корректно проектировать планетарные механизмы с некруглыми центральными зубчатыми колесами и, тем самым, ускорит внедрение в практику новой техники.

Литература

1. Волков Г.Ю. Методика геометрического расчета и профилирования зубчатых венцов планетарной роторной гидромашины / Г.Ю. Волков, В.В. Смирнов, М.В. Горбунов // Справочник. Инженерный журнал. Москва. – 2018. № 9 (258). С. 32–37.

2. Фадюшин Д.В. Методика геометрического проектирования некруглых зубчатых звеньев планетарной роторной гидромашины / Д.В. Фадюшин, Г.Ю. Волков // Вестник Ижевского государственного технического университета имени М.Т. Калашникова. Ижевск. – 2021. Т. 24, № 2. С. 40-45.