

МОДЕЛИРОВАНИЕ СБОРКИ ЭКЦЕНТРИКОВОГО ПЛАНЕТАРНОГО МЕХАНИЗМА

Есина М. С., Туч В. В.

Научные руководители – ст.преподаватель **Беляков Е.В.**, доцент **Колотов А.В.**
Сибирский федеральный университет

Эксцентрикый планетарный механизм (ЭПМ), в отличие от классического планетарного редуктора, имеет сателлиты разных диаметров, а оси центральных колес расположены на расстоянии величины эксцентриситета e (рис.1), вследствие чего точки выходного звена, которое совершает сложное движение, описывают различные кривые, аналогичные сателлитным кривым планетарных и дифференциальных механизмов. Таким образом, ЭПМ позволяет реализовывать сложное движение выходного звена одной ступенью при минимальном количестве звеньев, что соответственно снижает массогабаритные характеристики и увеличивает технологичность механизмов подобного класса. На рис. 1 изображена схема ЭПМ, здесь 1 – центральная шестерня; 2 и 4 – максимальный и минимальный сателлит соответственно; 3 – центральное колесо (корона); H – водило. Механизм может работать как в режиме редуктора, так и в режиме мультипликатора.

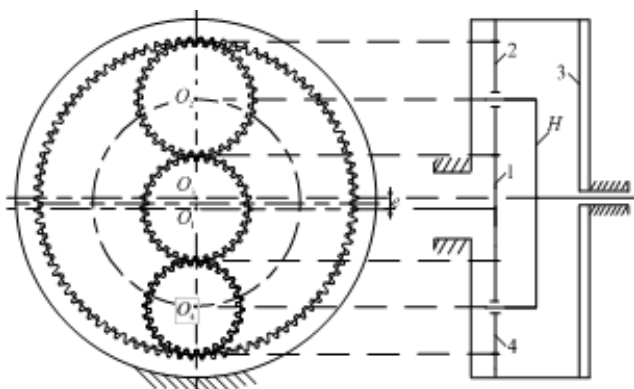


Рисунок 1 – Схема эксцентриквого планетарного механизма



Рисунок 2 – Вид главного окна информационно-аналитической системы

Если с выходным звеном 1 ЭПМ, представленного на рис. 1 связать исполнительный орган, то очевидно, что проектируя его соответствующим образом, можно придать исполнительному органу машины движение по требуемой траектории. На выходном звене можно разместить и несколько рабочих органов, в этом случае получим более сложные кривые, состоящие из различных отрезков, что позволит повысить эффективность механизма, например, применительно к процессу плоского шлифования торцом круга.

Для обеспечения многовариантности решения по воспроизведению сложного закона движения выходного звена разработана информационно-аналитическая система сопровождения, расчета и анализа ЭПМ в среде программирования Borland Delphi. После запуска программы откроется главное окно системы, в котором предоставляется выбор, с какого раздела начать исследование механизма (рис. 2).

При нажатии кнопки «Траектория движения точки выходного звена» на экране монитора появляется окно, вид которого дан на рис. 3. Исходными данными при

проектировании ЭПМ с заданным законом движения выходного звена, применительно к схеме, представленной на рис. 1 являются: эксцентриситет механизма $e=5\text{ мм}$, передаточное отношение $U_{1H}^3=4$ и значение параметра λ , характеризующего координаты расположения точки выходного звена. После ввода этих параметров расчетный модуль построит траекторию движения точки принадлежащей выходному звену. В зависимости от сочетания величин исходных параметров можно получить большое количество видов траекторий.

Очевидно, что для обеспечения работоспособности ЭПМ необходимо подобрать сочетания чисел зубьев всех колес, обеспечивающих требуемую траекторию движения исполнительного органа, совершающего сложное движение. После выбора вида траектории движения исполнительного органа в главном окне программы необходимо нажать кнопку «Подбор чисел зубьев» (рис. 3), что обеспечит переход программы к соответствующим действиям.

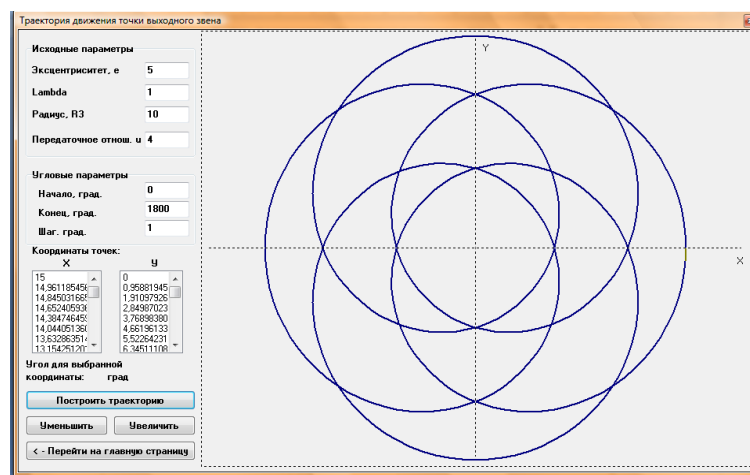


Рисунок 3 – Окно «Траектория движения точки выходного звена ЭПМ»

Подбор чисел зубьев осуществляется по исходным данным, в качестве которых выступает передаточное отношение U_{13}^H между центральной шестерней 1 и центральным колесом 3, при условно остановленном водиле H :

$$U_{1H}^3 = 1 - U_{13}^H \quad (1)$$

Представим передаточное отношение в виде дроби:

$$U_{13}^H = b/a \quad (2)$$

где a и b – взаимно простые числа.

С другой стороны, выразим передаточное отношение через числа зубьев колес, каждое из которых заменим совокупностью множителей:

$$U_{13}^H = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_3}{z_2} = \frac{x \cdot \delta}{a \cdot \delta} \cdot \frac{b \cdot \delta}{x \cdot \delta} \quad (3)$$

либо

$$U_{13}^H = \frac{z_4}{z_1} \cdot \frac{z_3}{z_4} = \frac{x \cdot \delta}{a \cdot \delta} \cdot \frac{b \cdot \delta}{x \cdot \delta} \quad (4)$$

Выполнив преобразования с учетом соотношений (3) или (4), получим равенства, позволяющие произвести расчет чисел зубьев колес необходимых для обеспечения требуемого вида траектории движения (рис. 3), а также удовлетворяющие заданному передаточному отношению $U_{IH}^3 = 4$ и условию несоосности ЭПМ, в следующем виде:

$$z_1 = a \cdot \delta = \left(n \cdot m \cdot a^2 \pm e \cdot a \cdot \cos \varphi_0 \right) \cdot \frac{c}{d} \quad (5)$$

или

$$z_1 = a \cdot \delta = a \cdot \left(n \cdot \left(m \cdot a \pm e \cdot \cos \varphi_0 \right) \right) \cdot \frac{c}{d}$$

или

$$z_2 = x \cdot \delta = x \cdot \left(n \cdot m \cdot a \pm e \cdot a \cdot \cos \varphi_0 \right) \cdot \frac{c}{d} \quad (6)$$

$$z_2 = x \cdot \delta = x \cdot \left(n \cdot \left(m \cdot a \pm e \cdot \cos \varphi_0 \right) \right) \cdot \frac{c}{d}$$

или

$$z_3 = b \cdot \delta = b \cdot \left(n \cdot m \cdot a \pm e \cdot a \cdot \cos \varphi_0 \right) \cdot \frac{c}{d} \quad (7)$$

$$z_3 = b \cdot \delta = b \cdot \left(n \cdot \left(m \cdot a \pm e \cdot \cos \varphi_0 \right) \right) \cdot \frac{c}{d}$$

В зависимостях (5...7) знак «+» соответствует условию несоосности минимального сателлита, а знак «-» соответствует условию несоосности максимального сателлита. Наличие двух условий при определении чисел зубьев колес является следствием существования для ЭПМ двух условий несоосности, которые определяются или относительно максимального или минимального сателлита.

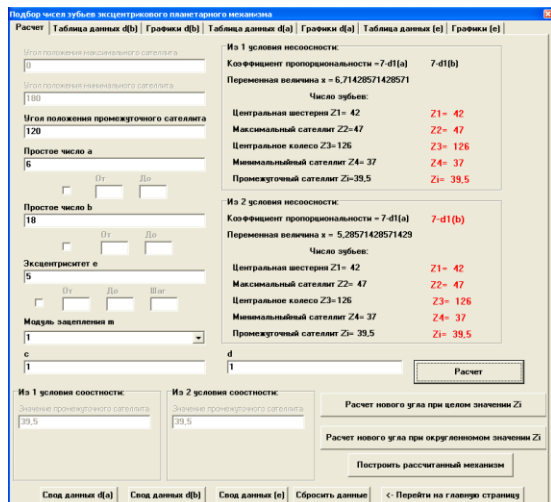


Рисунок 4 – Вид окна «Подбор чисел зубьев эксцентрикового планетарного механизма»

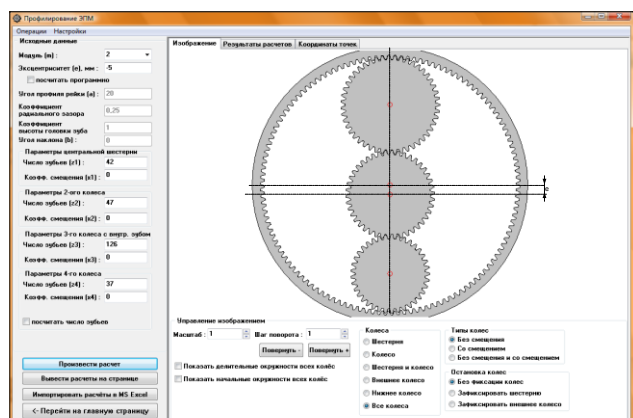


Рисунок 5 – Окно «Моделирование сборки эксцентрикового планетарного механизма»

Параметр x , содержащийся в зависимостях (5...7) является переменной величиной, значение которой зависит от эксцентриситета механизма, определяется следующим отношением:

$$x = \frac{a \cdot \delta + e \cdot \cos \phi_i}{\delta}, \quad (8)$$

где ϕ_i – угол положения текущего (промежуточного) сателлита.

При нажатии на кнопку «Расчёт» программа рассчитывает значения чисел зубьев колес (рис. 4). После проведенных вычислений, нажатием кнопки «Построить рассчитанный механизм» производится открытие окна моделирования зацеплений всех зубчатых колес ЭПМ. При выборе данного модуля происходит переход к окну «Профилирование ЭПМ» (рис. 5). Переход в данный модуль обеспечивает перенос ранее рассчитанных чисел зубьев в раздел построения. При нажатии на кнопку «Произвести расчёт» информационно-аналитическая система произведёт расчёт с последующим моделированием схемы ЭПМ с учетом рассчитанных чисел зубьев.

С целью оптимизации величин показателей качества всех зацеплений зубчатых колес ЭПМ в данном модуле предусмотрена возможность осуществления вариации значений коэффициентов относительного смещения, что позволяет моделировать зацепления зубчатых колес с различными геометрическими параметрами. Для этого предусмотрены опции ввода значений коэффициентов относительного смещения (рис. 5) для каждого зубчатого колеса ЭПМ. На рисунке 6, *а* показано зацепление центральной шестерни 1 с сателлитом 2 при числах зубьев колес $Z_1 = 42$ и $Z_2 = 47$ с коэффициентами относительного смещения $x_1 = x_2 = 0$. Зацепление сателлита 2 с корончатым колесом 3 при числах зубьев $Z_2 = 42$ и $Z_3 = 126$ соответственно и коэффициентах относительного смещения $x_2 = x_3 = 0$ дано на рисунке 6, *б*. При вводе в соответствующие поля модуля «Профилирование ЭПМ» значений коэффициентов относительного смещения и нажатия кнопки «Произвести расчет», получим изображение зацепления всех колес с учетом принятых значений. На рисунке 6, *в* показано зацепление центральной шестерни 1 с сателлитом 2 при числах зубьев $Z_1 = 42$ и $Z_2 = 47$ и коэффициентах относительного смещения $x_1 = 0,2$ и $x_2 = -0,2$. Зацепление сателлита 2 с корончатым колесом 3 при числах зубьев $Z_2 = 42$ и $Z_3 = 126$ соответственно и коэффициентах относительного смещения $x_2 = -0,2$ и $x_3 = -0,3$ дано на рисунке 6, *г*.

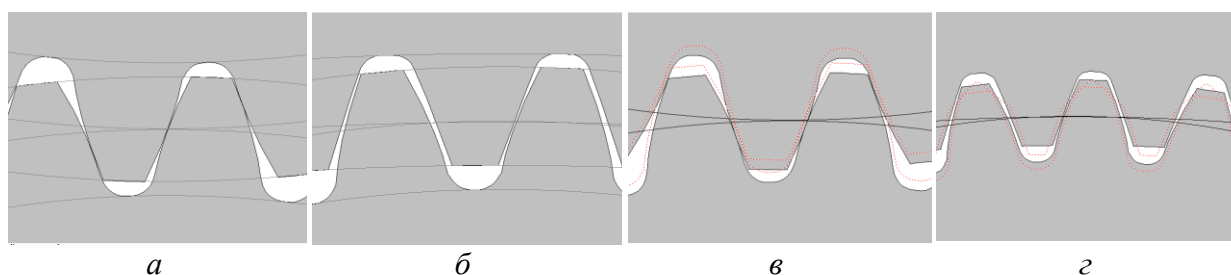


Рисунок 6 – Моделирование зацепления зубчатых колес

Представленные зависимости (5...7) позволяют произвести вычисления величин эксцентричного планетарного механизма, обеспечивающих требуемые виды траекторий движения точек выходного звена, удовлетворяющих заданному передаточному отношению, условиям заданной несоосности, сборки и соседства при разном количестве сателлитов. Применение информационно-аналитической системы сопровождения, расчета и анализа ЭПМ позволяет получить большое количество сочетаний чисел зубьев с заданными коэффициентами смещения и смоделировать сборку ЭПМ за достаточно небольшой промежуток времени, что повышает эффективность комплексного исследования механизма.