

## МЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО ЭПИЦИКЛИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА

Игнатов А.И., Левштанов Л.М.

Научные руководители ст.преподаватель Беляков Е.В., доцент Груздев Д.Е.  
Сибирский Федеральный Университет

Синтез зубчатых механизмов выполняется в два этапа: структурный синтез и метрический синтез. Этап структурного синтеза планетарных механизмов заключается в выборе структурной схемы механизма из набора схем типовых механизмов данного вида. Метрический синтез типовых планетарных механизмов сводится к определению геометрических параметров зубчатых колес, формирующих качественные показатели зубчатого механизма, а также обеспечивающих выполнение основных условий работоспособности механизмов данного вида и подбору чисел зубьев колес, из которых он состоит. Подбор чисел зубьев должен осуществляться с учетом, как общих условий синтеза зубчатых механизмов, так и условий, учитывающих специфику структуры механизмов данного вида, т. е. на этапе синтеза необходимо обеспечить:

1. Числа зубьев  $z_1, z_2, z_3, \dots$  должны быть целыми;
2. Сочетание чисел зубьев колес должно обеспечивать заданное передаточное отношение  $U$  с допустимой точностью  $\pm \Delta U$ ;
3. Отсутствие подреза зубьев колес с внешними зубьями и заклинивания зубьев колес во внутреннем зацеплении. При отсутствии специальных требований предпочтительней использовать в передаче нулевые колеса (для колес с внешними зубьями  $z \geq z_{\min} = 17$ , для колес с внутренними зубьями  $z \geq z_{\min} = 85$  при  $h_a^* = 1$  и  $z \geq z_{\min} = 58$  при  $h_a^* = 0,8$ , где  $h_a^*$  – коэффициент высоты головки зуба по ГОСТу);

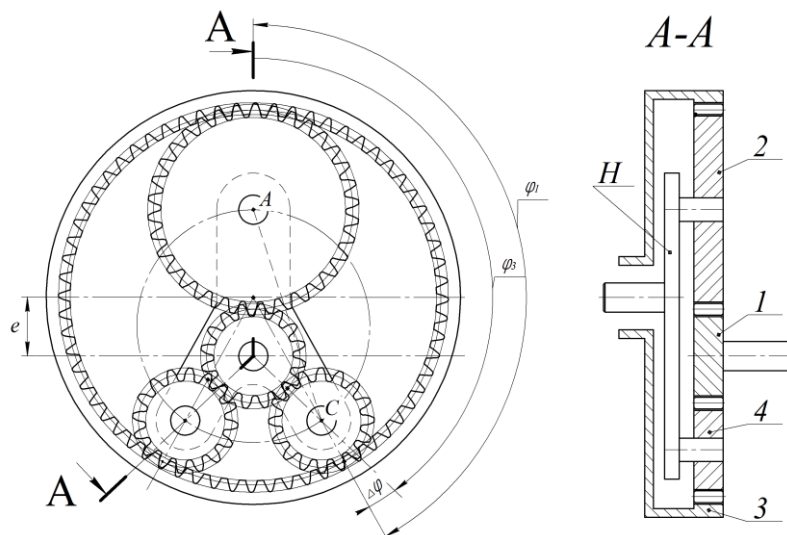


Рисунок 1 – Схема эксцентрикового эпициклического механизма (ЭЭМ)

4. Для обеспечения заданного движения точек выходного звена, должно обеспечиваться условие заданной несоосности ЭММ (рис. 1). Условие несоосности предполагает точное смещение осей вращения солнечного колеса 1 и водила  $H$  на величину эксцентриситета  $e$ .

– для максимального сателлита

$$z_1 + 2 \cdot z_2 - z_3 = \frac{2 \cdot e}{m} \quad (1)$$

– для промежуточного сателлита

$$z_3^2 - z_1^2 - 2 \cdot z_4 \cdot (z_3 + z_1)^2 - \frac{4 \cdot e^2}{m^2} + \frac{4 \cdot e}{m} \cdot (z_1 + z_4) \cdot \cos \varphi = 0 \quad (2)$$

5. Условие сборки ЭЭМ предполагает обеспечение собираемости нескольких сателлитов и центральных колес должна осуществляться без натягов при равных окружных шагах между ними. Данное условие проверяется при числе сателлитов (потоков) больше двух. Для проверки условия сборки используется следующее выражение:

$$L = \frac{z_2}{2} + \frac{z_1 \cdot \varphi_1}{360} + \frac{z_1 \cdot U \cdot \varphi_3}{360} + \frac{z_4}{2} - \frac{z_4 \cdot \Delta \varphi}{360} - \text{целое} \quad (3)$$

6. Условие соседства сателлитов ЭЭМ. Условие соседства предполагает обеспечение отсутствия контакта сателлитов друг с другом. Проверка данного условия выполняется только при числе сателлитов (потоков) больше единицы. Если в схеме ЭЭМ (рис. 1) имеется несколько сателлитов, расположенных на некоторой окружности, то может возникнуть ситуация, когда вершины зубьев колес сателлитов будут задевать друг друга. Исключение подобного явления возможно при выполнении условия соседства:

$$AC > \frac{d_{g_{\max}}}{2} \quad (4)$$

$$AC = AO_3 \cdot \sin \frac{2 \cdot \pi}{n_w} > \frac{d_{g_{\max}}}{2}$$

Для определения целых значений чисел зубьев  $z_1$  и  $z_2$  из условия (1) несоосности максимального сателлита, выполнив соответствующие преобразования, получим следующее уравнение:

$$a \cdot z_1 + b \cdot z_2 + c = 0, \quad (5)$$

где  $a = (1 - u_{13}^H) \cdot k$ ,  $b = 2 \cdot k$ ,  $c = -\frac{2 \cdot e}{m} \cdot k$  и  $a, b, c$  – целые числа.

Полученное уравнение (5), представляет собой диофантово уравнение с двумя неизвестными  $z_1$  и  $z_2$ , решение которого в целых числах имеет вид:

$$\left. \begin{aligned} z_1 &= z_1^0 - b_1 \cdot t \\ z_2 &= z_2^0 + a_1 \cdot t \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где коэффициенты  $a_1$  и  $b_1$  не имеют общих делителей кроме единицы;  $t = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ , а  $z_1^0, z_2^0$  – целые решения уравнения (6). Число зубьев центрального колеса (короны)  $z_3$  определится по следующему выражению:

$$z_3 = u_{13}^H \cdot z_1 \quad (7)$$

Рассмотрим пример подбора чисел зубьев ЭЭМ со следующими исходными параметрами: эксцентриситет механизма –  $e = 18$  мм.; передаточное отношение между центральной шестерней 1 и центральным колесом 3, при условно остановленном водиле  $H - U_{13}^H = 4$ ; модуль зацепления зубчатых колес –  $m = 2$  мм.

Задаваясь исходными данными, последовательно решаем зависимости (2-7), полученные сочетания чисел зубьев колес сведем в таблицу 1.

Таблица 1

$t$	2	4	6	8	10	12	14	16
$z_1$	50	46	42	38	34	30	26	22
$z_2$	84	78	72	66	60	54	48	42
$z_3$	200	184	168	152	136	120	104	88
$z_4$	75	69	63	57	51	45	39	33

В определенных вариантах сочетаний чисел зубьев ЭЭМ может не выполняться условие соседства промежуточного сателлита с максимальным сателлитом. В этом случае конструктивно возможно в схеме ЭЭМ вместо максимального сателлита применить минимальный сателлит, с которым условие соседства будет соблюдаться, и в тоже время применение такого варианта снизит массу механизма. Каждое значение  $z_4$  проверяется по условиям сборки (3) и соседства сателлитов (4), например:

- при параметре  $t=10$  получим следующие значения чисел зубьев ЭЭМ:  $z_1 = 34$ ,  $z_2 = 60$ ,  $z_3 = 136$  и  $z_4 = 33$ , условие сборки (3) и условие соседства с максимальным сателлитом выполняется.

- при параметре  $t=16$  получим следующие значения чисел зубьев ЭЭМ:  $z_1 = 22$ ,  $z_2 = 42$ ,  $z_3 = 88$  и  $z_4 = 51$ , условие сборки (3) выполняется, но не выполняется условие соседства с максимальным сателлитом. В этом случае конструктивно возможна замена максимального сателлита на минимальный.

По полученным значениям всех чисел зубьев колес ЭЭМ, с помощью пакета АСКОН КОМПАС V12, смоделирована сборка механизмов (рис. 2 а,б).

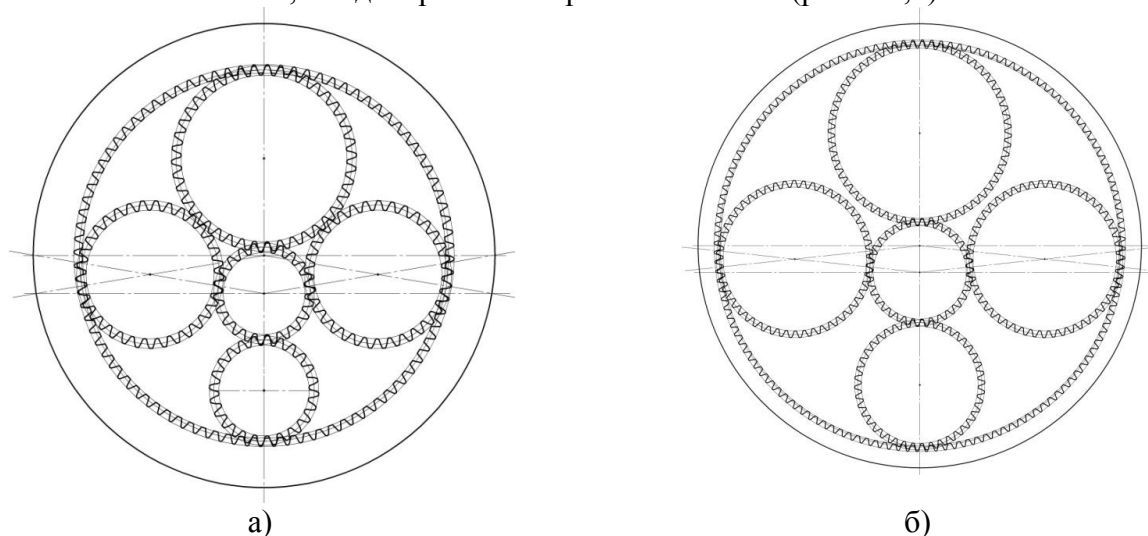


Рисунок 2 – Моделирование сборки ЭЭМ,  
а – при параметре  $t = 16$ , б – при параметре  $t = 10$

Таким образом, представленные выражения (1-7) позволяют проводить метрический синтез ЭЭМ с учетом условий соседства, заданной несоосности и сборки, для обеспечения заданной сложной траектории движения выходного звена и работоспособности механизма. По полученным зависимостям имеется возможность создать большой номенклатурный ряд ЭЭМ по их размерам и передаваемым усилиям, появляются условия широчайшего использования ЭЭМ в технике и других областях промышленности.