УДК 621.83

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ В ТОЧКАХ КОНТАКТА ТЕЛ КАЧЕНИЯ ЭМК

Попова Т. А., Фокина Т. В., Данилова Е. С.
Научные руководители – доцент Митяев А. Е., ст. преподаватель Меснянкин М. В.
Сибирский федеральный университет

В процессе работы эксцентрикового механизма качения (ЭМК) каждое тело качения совершает вращательные движения относительно осей проходящих через собственный геометрический центр и центр вращения ведущего кольца. При этом каждый ролик имеет контакт с дорожками качения обоих колес, а также вследствие действия внешних силовых факторов на ЭМК вынуждено контактирует с сепаратором. Однако, при малых размерах эксцентрикового механизма качения конструирование сепаратора весьма затруднено или вообще невозможно, тогда ЭМК реализуется без сепаратора, что приводит к существованию контакта тел качения между собой. При этом тела качения эксцентрикового механизма имеют диаметры разной величины, следовательно, скорости вращения этих звеньев относительно осей проходящих через их геометрические центры также не одинаковы. В этом случае контакт тел качения сопровождается наличием скольжения рабочих поверхностей данных звеньев, что приведет к росту потерь энергии и повышению интенсивности износа контактирующих поверхностей. С целью оценки указанных процессов необходимо решить задачу, связанную с определением величины момента пар сил трения скольжения имеющих место в зонах контакта тел качения.

Рассмотрим указанную проблему более подробно. Для решения описанной задачи составим расчетную схему (модель) (рис. 1) и примем следующие исходные условия и обозначения: кольца ЭМК выполнены без буртов и являются абсолютно жесткими, т. е. не подвержены деформациям ни какого рода; ведущим звеном является внутреннее кольцо; наружное кольцо остановлено (неподвижно); тела качения контактируют с дорожками качения обоих колец без зазоров, эксцентриковый механизм качения находится под действием внешней силы Q; e – эксцентриситет; R_1, R_2 и O_1, O_2 – радиусы и геометрические центры внутреннего и наружного колец; r_0 и r_1 – радиусы максимального и первого тел качения; k – коэффициент трения качения (плечо); P_0 – расчетная сила, воспринимаемая максимальным телом качения.

Применив теорему косинусов к треугольнику $\Delta M_1 M_0 O_1$ (рис. 1), получим:

$$M_1 M_0 = (M_0 O_1)^2 + (M_1 O_1)^2 - 2 \cdot M_0 O_1 \cdot M_1 O_1 \cdot \cos(\alpha_1). \qquad (1)$$

Проведя соответствующие преобразования с учетом введенных обозначений, приведем выражение (1) к виду:

$$\alpha_1 = \arccos\left(\frac{(R_1 + r_0)^2 + (R_1 + r_1)^2 - (r_0 + r_1)^2}{2(R_1 + r_0)(R_1 + r_1)} \right).$$

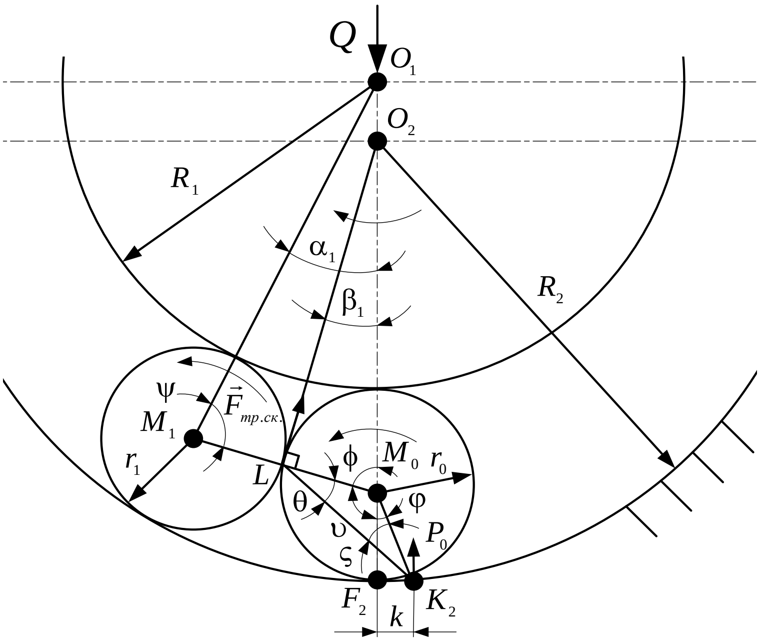

Рисунок 1 – Расчетная схема ЭМК при решении задачи относительно точки K_2

Применив теорему синусов к треугольнику $\Delta M_1M_0O_1$ (рис. 1) с учетом введенных обозначений, будем иметь:

$$\phi = \arcsin\left(\frac{(R_1 + r_1)\cdot\sin(\alpha_1)}{r_0 + r_1}\right) = \arcsin\left(\frac{(R_1 + r_1)\cdot\sin(\psi)}{R_1 + r_1}\right). \tag{2}$$

Используя теорему Пифагора при анализе треугольника $\Delta M_0F_2K_2$ (рис. 1) с учетом принятых обозначений, получим:

$$M_0K_2 = \sqrt{r_0^2 + k^2},$$

$$\varphi = \operatorname{arctg}\left(\frac{k}{r_0}\right). \tag{3}$$

Применив теорему косинусов к треугольнику ΔM_0LK_2 (рис. 1), будем иметь:

$$LK_2 = \sqrt{2r_0^2\left(1 - \left(r_0^2 + k^2\right)\cos(\upsilon + \varphi)\right) + k^2}, \tag{4}$$

где

$$\upsilon = 180^0 - \phi.$$

Применив теорему синусов к треугольнику ΔM_0LK_2 (рис. 1), получим:

$$\theta = \arcsin\left(\frac{\sqrt{r_0^2 + k^2}}{r_0}\sin(\xi)\right) = \arcsin\left(\frac{\sqrt{r_0^2 + k^2}\cdot\sin(\upsilon + \varphi)}{\sqrt{2r_0^2\left(1 - \left(r_0^2 + k^2\right)\cos(\upsilon + \varphi)\right) + k^2}}\right).$$

Момент пары сил трения скольжения относительно точки K_2:

$$M_{тр.ск.} = F_{тр.ск.} \cdot LK_2 \cdot \cos(\theta), \tag{5}$$

здесь LK_2 определим по (4).

Рассмотрим процесс определения момента пар сил трения скольжения относительно точки K_1. Для этого изменим расчетную схему (модель) (рис. 2) и сохраним ранее описанные исходные условия и обозначения.

Треугольники $\Delta M_0F_2K_2$ и $\Delta M_0F_1K_1$ являются одинаковыми фигурами, следовательно, $M_0K_1 = M_0K_2$, а углы $\angle K_1M_0F_1 = \angle K_2M_0F_2 = \varphi$, где φ определи по выражению (3).

Из треугольника ΔM_0DK_1 будем иметь:

$$DM_0 = M_0K_1 \cdot \cos(\phi - \varphi) = \sqrt{r_0^2 + k^2} \cdot \cos(\phi - \varphi),$$

здесь ϕ найдем по формуле (2).

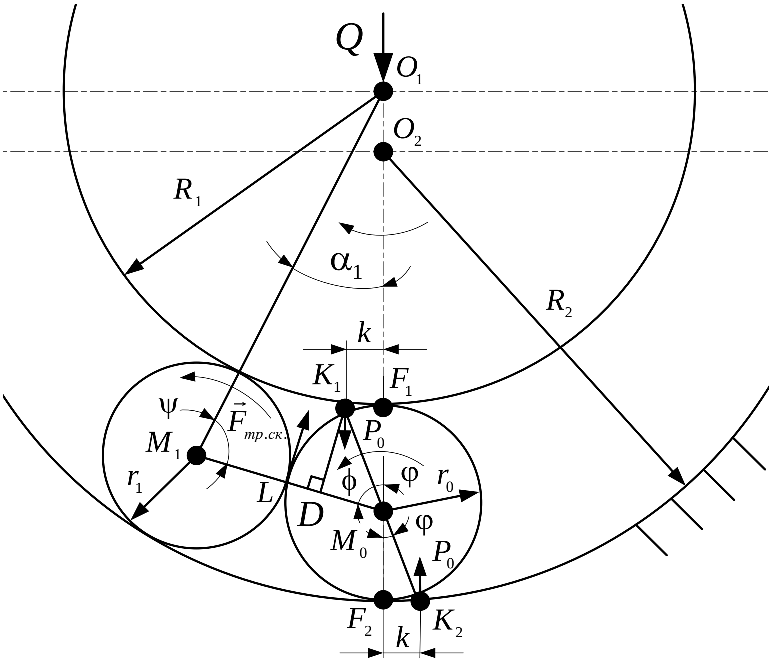

Рисунок 2 – Расчетная схема ЭМК при решении задачи относительно точки K_1

Момент пары сил трения скольжения относительно точки K_1:

$$M_{тр.ск.} = F_{тр.ск.} \cdot LD, \tag{6}$$

где

$$LD = r_0 - \sqrt{r_0^2 + k^2} \cdot \cos(\phi - \varphi).$$

В результате представленных действий получены выражения (5) и (6) позволяющие определить величины моментов трения скольжения для максимального тела качения. Проведя аналогичные действия, получим выражения и для остальных тел качения, что дает возможность повысить точность решения задач о потерях энергии и коэффициенте полезного действия ЭМК.