

ФОРМИРОВАНИЕ ГРАНИЦ ОБЛАСТЕЙ СУЩЕСТВОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ-ПРОТОТИПОВ ЭМК

Шевченко Е.С, Китура А.С.

научные руководители канд. техн. наук Мерко М. А.,

старший преподаватель Меснянкин М. В.

Сибирский федеральный университет

Анализ результатов вычислений по методу, разработанному научными руководителями, показывает, что задача определения значений геометрических параметров эксцентрикового механизма качения (ЭМК) не всегда имеет решение. Данная проблема является следствием выбора неверного сочетания величин исходных параметров. Решение представленной проблемы возможно посредством выбора исходных параметров из областей существования механизма-прототипа ЭМК.

С целью формирования областей существования составим расчетную модель механизма-прототипа ЭМК (рис. 1), где R_1 , R_2 – радиусы дорожек качения внутреннего и наружного колец; r – радиус тел качения.

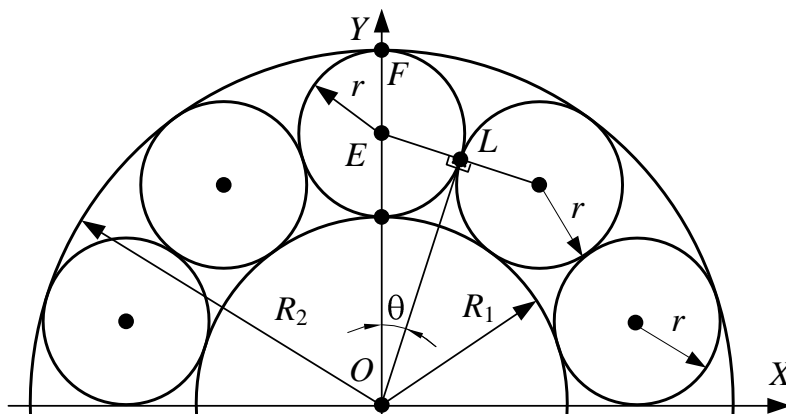


Рисунок 1 – Расчетная модель механизма-прототипа ЭМК

Анализ расчетной модели показывает, что условие сборки механизма-прототипа ЭМК имеет следующий вид: количество тел качения (z), на угле расположения от 0 до 2π , должно являться целым числом, тогда в аналитическом виде получим

$$z \cdot \theta = \pi, \quad (1)$$

где θ – угол положения точек сопряжения между телами качения.

Из треугольника $\triangle EOL$ (рис. 1) получим

$$\theta = \arcsin \left(\frac{R_2 - R_1}{R_2 + R_1} \right). \quad (2)$$

Анализируя формулу (2), определим предельные значения угла θ

$$\text{при } R_1 = 0 \quad \theta = 0,5 \cdot \pi$$

$$\text{при } R_2 = 0 \quad \theta = -0,5 \cdot \pi$$

$$\text{при } R_1 = R_2 \quad \theta = 0$$

С учетом выявленных пределов для угла θ анализ равенства (1) показывает, что условие сборки механизма-прототипа ЭМК выполняется при $z \geq 2$.

С учетом (2) проведя преобразования (1), получим:

$$R_1 = \frac{R_2 \cdot \left(1 - \sin\left(\frac{\pi}{z}\right)\right)}{1 + \sin\left(\frac{\pi}{z}\right)} \quad (3)$$

Из расчетной модели (рис. 1) очевидно, что $R_2 = R_1 - 2 \cdot r$, тогда (3) примет вид

$$r = \frac{R_1}{2} \left(\frac{1 + \sin\left(\frac{\pi}{z}\right)}{1 - \sin\left(\frac{\pi}{z}\right)} - 1 \right). \quad (4)$$

Варьируя радиусом дорожки качения наружного кольца в интервале [55...100] мм по формулам (3) и (4) построим диаграмму зависимостей R_2 и r от количества тел качения (рис. 2).

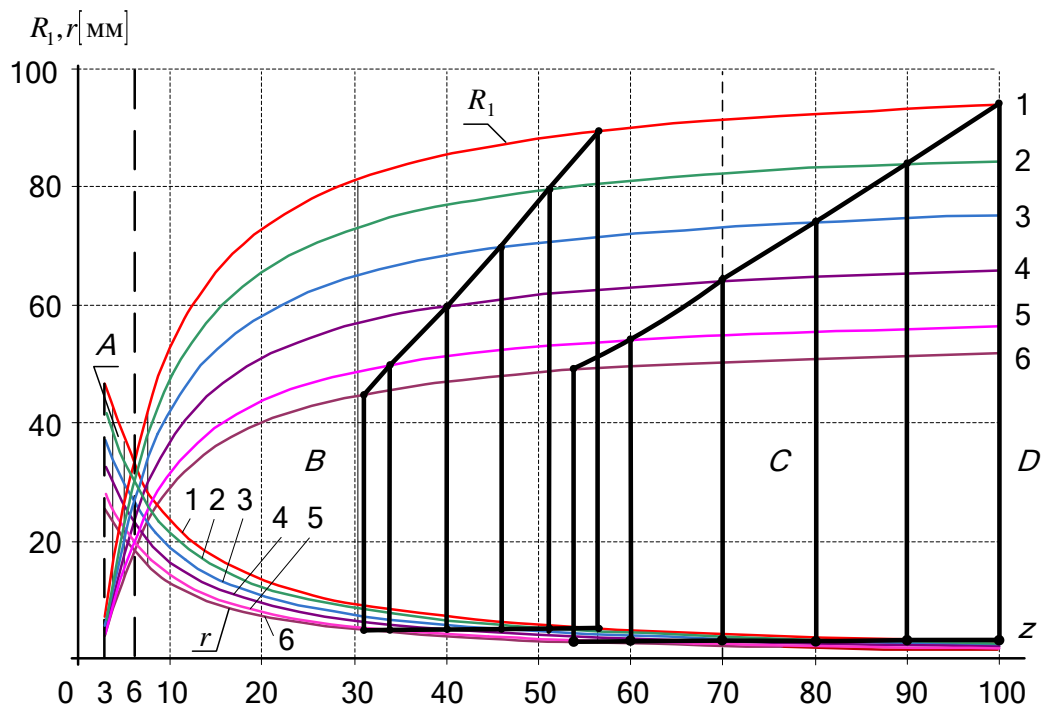


Рисунок 2 – Диаграмма областей существования механизма-прототипа при постоянном радиусе дорожки качения наружного кольца

1 – $R_2 = 100 \text{ мм}$, 2 – $R_2 = 90 \text{ мм}$, 3 – $R_2 = 80 \text{ мм}$,
4 – $R_2 = 70 \text{ мм}$, 5 – $R_2 = 60 \text{ мм}$, 6 – $R_2 = 55 \text{ мм}$

С целью формирования областей существования механизма-прототипа нанесем их границы на диаграмму (рис. 2). В результате проведенных действий получим несколько областей существования механизма-прототипа ЭМК.

Анализ результатов вычислений проведенных по формулам (3) и (4) показывает, область A ограничена значениями $3 \leq z \leq 6$ при $0 < R_1/r \leq 1$, что соответствует области существования механизма-прототипа с телами качения обладающими радиусами превышающими радиус дорожки качения внутреннего кольца.

Если тела качения механизма-прототипа являются шариками, то следуя работе Черменского О. Н. и Федотова Н. Н. число тел качения определим по выражению

$$z = \frac{\varphi}{2 \cdot \arcsin\left(\frac{r}{R_2 - r}\right)} + 1, \quad (5)$$

где φ – угол заполнения.

Считая, что угол φ в (5) лежит в пределах $186^\circ \leq \varphi \leq 200^\circ$, а радиус дорожки качения наружного кольца лежит в интервале $[55 \dots 100]$ мм, сформируем область B , границами которой являются $6 < z \leq [32 \dots 57]$ при $1 \leq R_1/r \leq 10$, что соответствует области существования механизма-прототипа с телами качения в виде шариков. Анализ рис. 2 показывает, что рост значений R_2 сопровождается увеличением R_1 при незначительных изменениях r , а также приводит к увеличению количества шариков и смещению максимальной границы области B в интервале $32 \dots 57$.

Если тела качения механизма-прототипа являются роликами, то следуя работе Черменского О. Н. и Федотова Н. Н. число тел качения определим по выражению

$$z = \frac{\pi - \arcsin\left(\frac{2 \cdot r}{R_2 - r}\right)}{\arcsin\left(\frac{r}{R_2 - r}\right)} + 2. \quad (6)$$

Варьируя радиус дорожки качения наружного кольца в интервале $[55 \dots 100]$ мм в формуле (6) сформируем область C которая ограничена значениями $6 < z \leq [53 \dots 100]$ при $1 \leq R_1/r \leq 31$, что соответствует области существования механизма-прототипа с телами качения в виде роликов. Анализ рис. 2 показывает, что рост значений R_2 сопровождается увеличением R_1 при еще более незначительных изменениях r , а также приводит к увеличению количества роликов и смещению максимальной границы области C в интервале $53 \dots 100$.

Дальнейшее увеличение радиусов дорожек качения показывает на существование области D которая ограничена значениями $100 < z$ при $31 < R_1/r$, что соответствует области существования механизма-прототипа с телами качения в виде иголок, обладающих радиусами значительно меньше радиуса дорожки качения внутреннего кольца.

Анализ полученных областей существования механизма-прототипа показывает, что при выборе исходных данных для определения значений геометрических параметров ЭМК необходимо придерживаться области сформированной наложением частями областей B и C в интервале $6 < z \leq 53$ при $1 < R_1/r \leq 16$, так как при $53 < z$ и $16 < R_1/r$ эксцентриситет ЭМК имеет очень малые значения, а число тел качения достаточно велико. Данные рекомендации позволяют исключить сочетания исходных данных, при которых задача определения геометрических параметров эксцентрикового механизма качения не имеет решения.