

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ РАДИУСА ОТ УГЛА ПОЛОЖЕНИЯ ТЕЛА КАЧЕНИЯ ЭМК

Муллагалева Ю.В., Бадакшанов Р.Ф.

Научные руководители – доцент Мерко М. А., ст. преподаватель Меснянкин М. В.
Сибирский федеральный университет

Эксцентриковый механизм качения (ЭМК) является эпициклическим фрикционным механизмом, полученным на базе механизма-прототипа, по средствам смещения центров дорожек качения внутреннего и наружного колец относительно друг друга на величину эксцентриситета. В результате радиусы тел качения эксцентрикового механизма качения имеют разные величины. В зависимости от наличия или отсутствия максимального и минимального тел качения на горизонтальной оси симметрии, для ЭМК имеет место нескольких вариантов структурных симметричных схем (рис. 1), каждая из которых реализуется совокупностью двух колец и тел качения с радиусами разной величины при наличии или отсутствии зазора между ними.

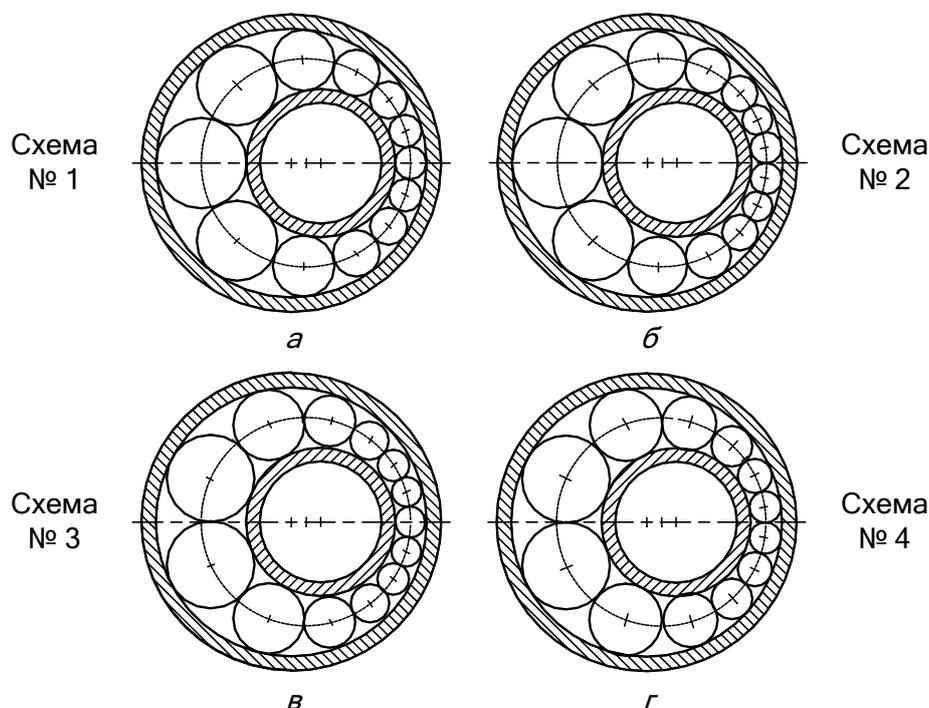


Рисунок 1 – Варианты структурных симметричных схем ЭМК

С целью повышения эффективности теоретических исследований эксцентрикового механизма качения, группой студентов под руководством научных руководителей проведена модернизация ранее разработанного программного комплекса (ПК) «Эксцентрик». Используя программное обеспечение, выполнено решение задачи по определению геометрических параметров для каждой схемы ЭМК по двум направлениям ввода поправки в расчет, а также при наличии и отсутствии зазора между телами качения. Исходными данными являлись $R_2 = 60$ мм, $R_1 = 40$ мм, $e = 4$ мм и $c = 5$ мм, где R_2 , R_1 , e и c – радиусы дорожек качения наружного и внутреннего колец, эксцентриситет и зазор между телами качения. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Геометрические параметры ЭМК

Схема ЭМК	№ 1 (рис. 1, а) без зазора				№ 2 (рис. 1, б) без зазора			
Поправка	по R_1		по R_2		по R_1		по R_2	
	$R_1 = 37,94$ мм		$R_2 = 59,86$ мм		$R_1 = 39,02$ мм		$R_2 = 58,54$ мм	
	r_i , мм	β_i , °	r_i , мм	β_i , °	r_i , мм	β_i , °	r_i , мм	β_i , °
1	13,03	0	11,93	0	12,49	0	11,27	0
2	12,7523	29,3805	11,7055	26,3651	12,2401	27,8467	11,0641	25,2112
3	12,0335	57,8768	11,1103	51,9991	11,5849	54,889	10,5141	49,7331
4	11,1263	84,9038	10,3244	76,3821	10,7383	80,5741	9,7774	73,0641
5	10,2655	110,2923	9,5292	99,301	9,9074	104,7069	9,0161	94,979
6	9,5942	134,2232	8,8474	120,8186	9,2253	127,4036	8,3437	115,5061
7	9,1757	157,0939	8,3411	141,1835	8,7552	148,982	7,8198	134,849
8	9,03	180	8,0334	160,7448	8,51	169,8632	7,4673	153,3081
9	–	–	7,93	180	–	–	7,2915	171,2276
Схема ЭМК	№ 3 (рис. 1, в) без зазора				№ 4 (рис. 1, г) без зазора			
Поправка	по R_1		по R_2		по R_1		по R_2	
	$R_1 = 39,1$ мм		$R_2 = 58,52$ мм		$R_1 = 37,86$ мм		$R_2 = 59,88$ мм	
	r_i , мм	β_i , °	r_i , мм	β_i , °	r_i , мм	β_i , °	r_i , мм	β_i , °
1	12,3863	13,9205	11,2074	12,6423	12,9980	14,8076	11,8824	13,2397
2	11,9151	41,3446	10,8140	37,5694	12,4691	43,9559	11,4536	39,3384
3	11,1402	67,6531	10,1495	61,5253	11,6175	27,9137	10,7375	64,4095
4	10,2833	92,4702	9,3833	84,1433	10,7061	54,2148	9,9267	88,0835
5	9,5162	115,7654	8,6564	105,3327	9,9277	78,9286	9,1767	110,295
6	8,9337	137,7648	8,0536	125,2195	9,3813	102,3667	8,5781	131,2124
7	8,5746	158,842	7,6135	144,0635	9,1041	124,9968	8,1702	151,1443
8	8,45	180	7,3485	162,1911	–	–	7,9655	170,4677
9	–	–	7,26	180	–	–	–	–
Схема ЭМК	№ 1 (рис. 1, а) с зазором				№ 2 (рис. 1, б) с зазором			
Поправка	по R_1		по R_2		по R_1		по R_2	
	$R_1 = 36,46$ мм		$R_2 = 59,8$ мм		$R_1 = 38,18$ мм		$R_2 = 57,58$ мм	
	r_i , мм	β_i , °	r_i , мм	β_i , °	r_i , мм	β_i , °	r_i , мм	β_i , °
1	13,77	0	11,9	0	12,91	0	10,79	0
2	13,3410	38,2322	11,5832	32,6877	12,5369	35,5655	10,5074	30,8279
3	12,2605	75,8032	10,7489	64,8823	11,5758	70,553	9,7534	61,2003
4	11,0330	111,6214	9,7035	95,6376	10,4285	103,9305	8,7827	90,2073
5	10,1161	145,7816	8,7609	124,7162	9,4810	135,6008	7,8652	117,5411
6	9,77	180	8,1253	152,538	8,9669	166,2952	7,1828	143,4703
7	–	–	7,9	180	–	–	6,8289	168,6675
Схема ЭМК	№ 3 (рис. 1, в) с зазором				№ 4 (рис. 1, г) с зазором			
Поправка	по R_1		по R_2		по R_1		по R_2	
	$R_1 = 38,74$ мм		$R_2 = 56,98$ мм		$R_1 = 36,42$ мм		$R_2 = 59,7$ мм	
	r_i , мм	β_i , °	r_i , мм	β_i , °	r_i , мм	β_i , °	r_i , мм	β_i , °
1	12,2739	17,4124	10,2165	15,2037	13,3596	19,2062	11,5348	16,3521
2	11,8542	52,2565	9,8891	45,6073	12,8597	57,6655	11,1604	49,0638
3	10,7616	86,2268	8,9983	75,2757	11,6115	95,1202	10,1635	81,0313
4	9,6783	118,4119	8,0291	103,3218	10,4862	130,683	9,1264	111,2587
5	8,9134	149,1212	7,2116	129,7298	9,8574	165,0813	8,3206	139,9284
6	8,63	180	6,6776	154,9834	–	–	7,8958	167,7573
7	–	–	6,49	180	–	–	–	–

По данным таблицы 1 выполнен синтез диаграммы изменения радиусов от угла положения тел качения для всех видов структурных схем эксцентрикового механизма качения по обоим направлениям ввода поправки (рис. 2).

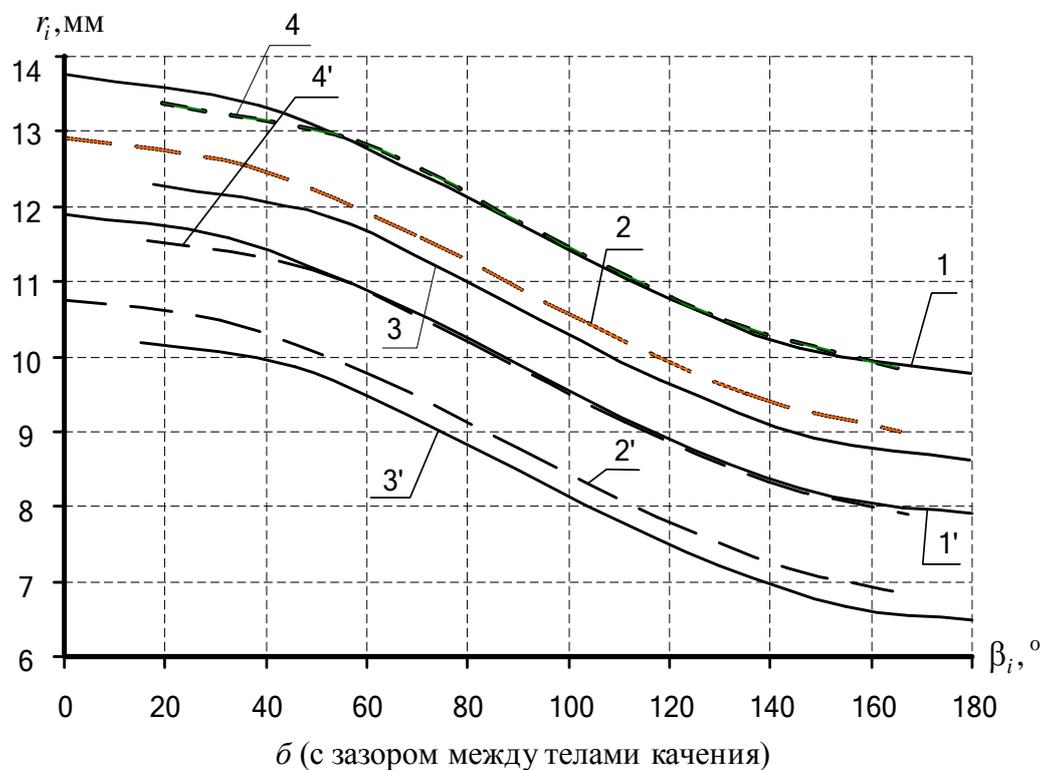
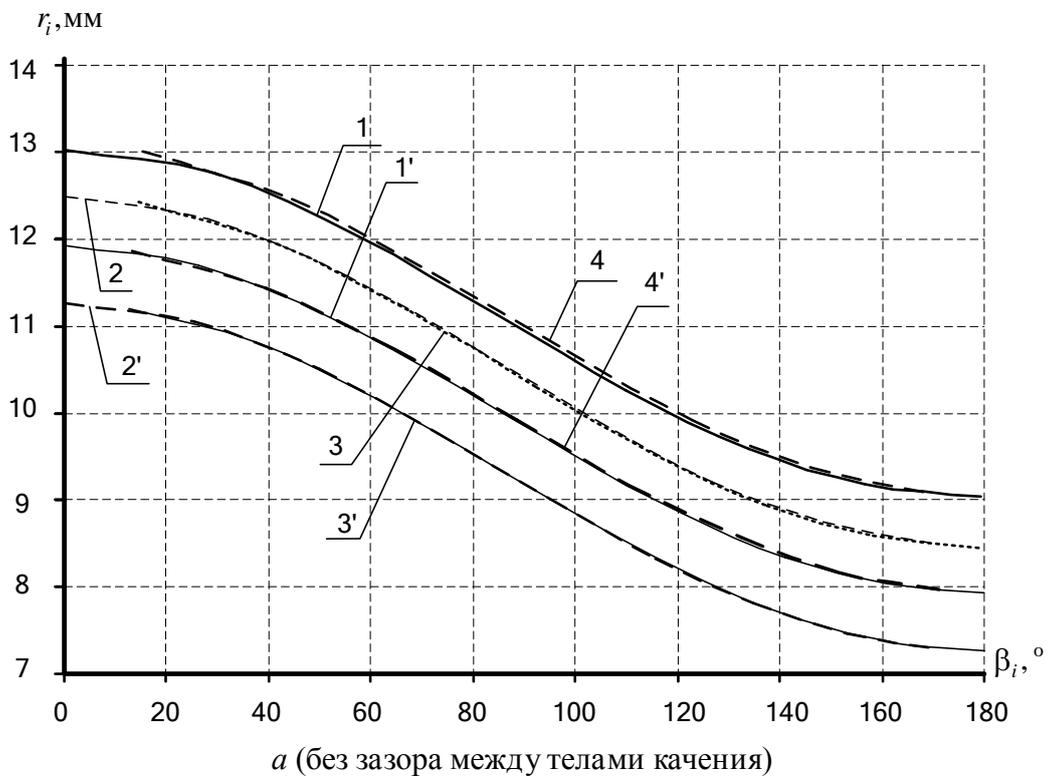


Рисунок 2 – Диаграмма изменения радиусов от угла положения тел качения
 1, 2, 3, 4 – ввод поправки по R_1 , 1', 2', 3', 4' – ввод поправки по R_2

Анализ диаграмм (рис. 2) показывает, что функциональные зависимости для любой схемы эксцентрикового механизма качения имеют одинаковый косинусоидальный характер изменения величин радиусов тел качения. Рост значения угла положения сопровождается уменьшением радиусов тел качения для любого вида структурной схемы эксцентрикового механизма качения, как при наличии, так и при отсутствии зазора между телами качения при обоих направлениях ввода поправки в расчет геометрических параметров.

Зависимости для структурных схем эксцентрикового механизма качения № 1 (рис. 1, *a*) и № 4 (рис. 1, *z*), а также № 2 (рис. 1, *б*) и № 3 (рис. 1, *в*) представлены практически идентичными кривыми при исполнении без зазора (рис. 2, *a*). При наличии зазора подобное явление характерно только для величин радиусов промежуточных тел качения для этих же видов структурных схем эксцентрикового механизма качения (рис. 2, *б*). Радиусы тел качения в структурных схемах ЭМК № 2 (рис. 1, *б*) и № 3 (рис. 1, *в*) несколько меньше, чем в структурных схемах эксцентрикового механизма качения № 1 (рис. 1, *a*) и № 4 (рис. 1, *z*), при одинаковых исходных параметрах не зависимо от ввода поправки и наличия или отсутствия зазора (рис. 2).

При вводе поправки по радиусу дорожки качения наружного кольца для любого вида структурных схем ЭМК величина данного параметра уменьшается при неизменном радиусе дорожки качения внутреннего кольца, что вызывает рост количества тел качения и уменьшение их радиусов, как при наличии, так и при отсутствии зазора между телами качения (рис. 2). Ввод поправки по радиусу дорожки качения внутреннего кольца, также для любого вида структурной схемы эксцентрикового механизма качения приводит к снижению величины данного параметра, что способствует увеличению радиусов тел качения при минимальном их количестве, как при наличии, так и при отсутствии зазора между данными звеньями.

Очевидно, что наличие зазора между телами качения позволяет уменьшить их количество при любом виде структурной схемы ЭМК для любого направления ввода поправки в расчет геометрических параметров. Однако минимальное количество тел качения удалось получить только для структурной схемы эксцентрикового механизма качения № 4 (рис. 1, *z*) при вводе поправки по радиусу дорожки качения внутреннего кольца при одинаковых исходных данных (табл. 1). В тоже время максимально возможное число тел качения при этих же значениях исходных данных получено для нескольких структурных схем ЭМК № 1, 2 и 3 (рис. 1, *a*, *б*, *в*) при вводе поправки в расчет геометрических параметров эксцентрикового механизма качения по радиусу дорожки качения наружного кольца (табл. 1).

В результате проведенных исследований установлено, что радиус тел качения в зависимости от величины угла его положения изменяется по косинусоидальному закону, что характерно для любого вида структурной схемы эксцентрикового механизма качения. Выявлено, что направление ввода поправки в расчет геометрических параметров ЭМК, а также наличие или отсутствие зазора между телами качения не оказывает влияния на характер взаимодействия радиусов и углов положения тела качения. Наличие четырех видов структурных схем позволяет получить шестнадцать возможных вариантов сочетаний величин геометрических параметров эксцентрикового механизма качения, что создает возможность для проведения сравнительного анализа полученных результатов и осуществления выбора окончательного решения таким образом, чтобы он наилучшим образом удовлетворял заданным критериям. Применение программного комплекса (ПК) «Эксцентрик» на данном этапе обеспечит сокращение времени и трудоемкости данного процесса, а также, несомненно, создаст условия для повышения эффективности теоретических исследований ЭМК.