

**ВЛИЯНИЕ ЗАЗОРА МЕЖДУ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ НА ПЛОЩАДЬ ОБЛАСТЕЙ  
СУЩЕСТВОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ С ЗСТК С ДИАМЕТРАМИ РАВНОЙ  
ВЕЛИЧИНЫ С СЕПАРАТОРОМ**

**Зингер И.С., Латышев Д.Е.**

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

**старший преподаватель Меснянкин М. В.**

*Сибирский федеральный университет*

Разработка проводов технологического оборудования на базе механизмов с замкнутой системой тел качения (ЗСТК) позволяет реализовать сложное движение выходного звена при минимально возможном числе подвижных звеньев и относительной простоте структуры, а также обеспечить повышение его показателей качества. Механизмы рассматриваемого вида обладают структурой образованной совокупностью двух колец с дорожками качения, замкнутой системой тел качения и сепаратором (водило). Наличие сепаратора структуре механизма позволяет исключить контакт тел качения друг с другом, обеспечив между ним наличие зазорам. Анализ результатов теоретических исследований проведенных группой студентов совместно с научными руководителями, показывает, что задача по определению значений геометрических параметров механизмов с ЗСТК при некоторых величинах исходных данных не имеет решения. Исключить данную проблему можно обеспечив выбор исходных данных из областей совместного существования механизмов с замкнутой системой тел качения.

Рассмотрим процесс формирования областей существования на примеры механизмов с замкнутой системой тел качения с диаметрами равной величины с сепаратором (водило) при вводе поправки в расчет геометрических параметров по дорожке качения внутреннего кольца. Для этого составим расчетную модель (рис. 1) и примем следующие исходные условия и обозначения:  $ДК_В$ ,  $ДК_Н$  – дорожки качения внутреннего и наружного колец;  $R_В$ ,  $R_Н$ ,  $O_В$  и  $O_Н$  – радиусы и геометрические центры дорожек качения внутреннего и наружного колец;  $C$  – сепаратор (водило);  $c$  – зазор между телами качения;  $r_0$ ,  $r_1$ ,  $r_i$  и  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_i$  – радиусы и углы положения тел качения.

Условие сборки механизма с ЗСТК с диаметрами равной величины гласит: число тел качения ( $z$ ), на угле заполнения в интервале от 0 до  $2\pi$  является целым числом, а при наличии сепаратора (водило) в структуре механизма должно удовлетворять условию  $z \geq 2$ . Следуя условию сборки и проведя ряд преобразований для механизма рассматриваемого вида с сепаратором (водило), получим:

$$R_В = \frac{R_Н \cdot \left(1 - \sin\left(\frac{\pi}{z}\right)\right) + c}{1 + \sin\left(\frac{\pi}{z}\right)}. \quad (1)$$

Считая, что  $R_В = R_Н - 2 \cdot r$  преобразуем формулу (1) к виду

$$r = \frac{R_Н \cdot \sin\left(\frac{\pi}{z}\right) - \frac{c}{2}}{1 + \sin\left(\frac{\pi}{z}\right)}, \quad (2)$$

где  $r = r_0 = r_1 = r_i$  – радиус тел качения.

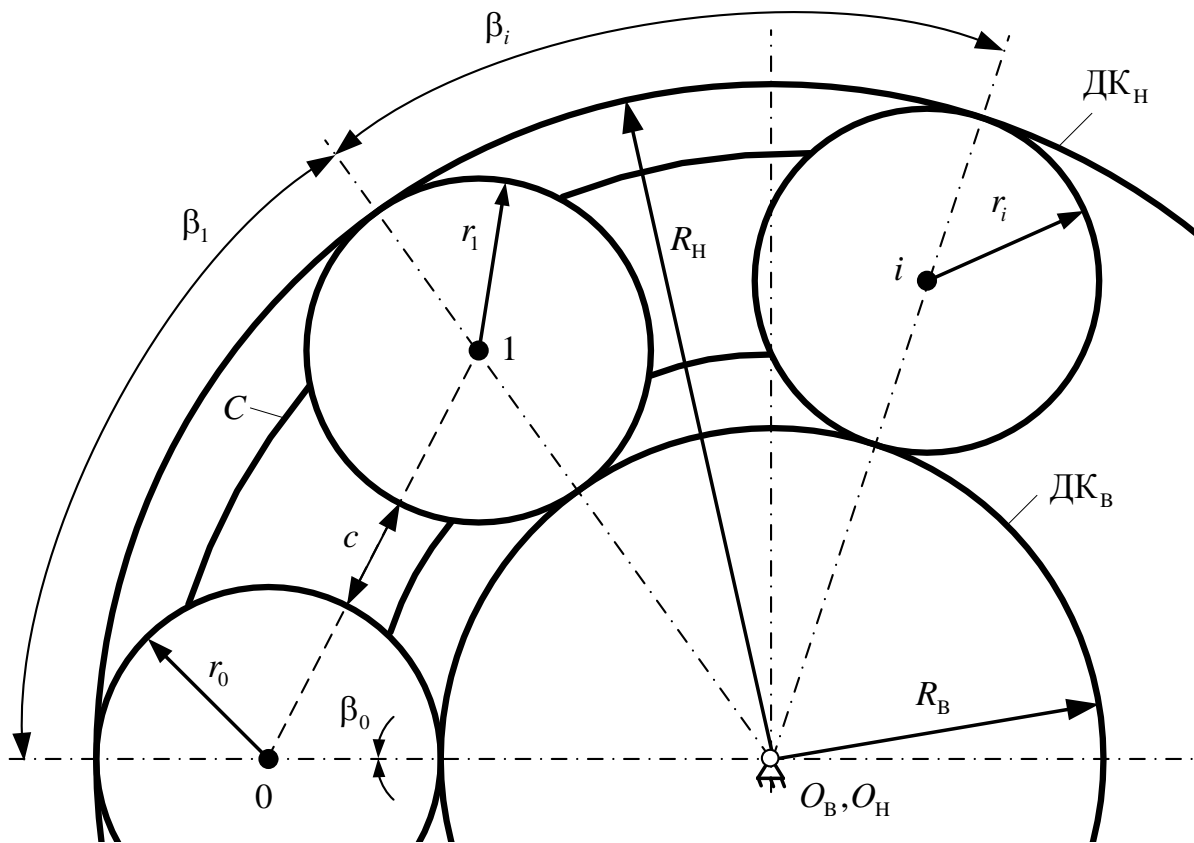


Рисунок 1 – Расчетная модель механизма с замкнутой системой тел качения с диаметрами равной величины с сепаратором (водило)

Используя выражения (1) и (2) проведем вычисления для значений радиуса дорожки качения наружного кольца 55 и 100 мм варьируя числом тел качения в диапазоне (0...100) и величиной зазора между телами качения в интервале (2...10) мм. С целью повышения эффективности выполняемых расчетов разработан программный комплекс «Эксцентрик» зарегистрированный в Реестре программ для ЭВМ Федеральной службы по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ).

Анализ результатов полученных вычислений показывает для значений радиуса дорожки качения  $R_H=55$  мм при  $c=4$  мм и  $z=86$ ;  $c=6$  мм и  $z=47$ ;  $c=8$  мм и  $z=39$ ;  $c=10$  мм и  $z=34$ , а также  $R_H=100$  мм при  $c=6$  мм и  $z=100$ ;  $c=8$  мм и  $z=57$ ;  $c=10$  мм и  $z=50$  радиус тел качения равен нулю, т. е.  $r=0$ , что соответствует структуре механизма не содержащей тел качения. Дальнейшее увеличение числа тел качения для приведенных значений радиуса дорожки качения наружного кольца и зазора дает отрицательные величины. Это означает, что при данных значениях и выбранном направлении ввода поправки в расчет геометрических параметров механизм с ЗСТК с диаметрами равной величины с сепаратором не существует.

По результатам проведенных вычислений, выполняем синтез диаграмм изменения величин радиусов дорожки качения внутреннего кольца и тел качения от их количества (рис. 2). Посредством наложения функциональных кривых на одну плоскость координат получим области существования механизма с ЗСТК с диаметрами равной величины с сепаратором (водило) при вводе поправки в расчет по дорожке качения внутреннего кольца. Анализ диаграмм (рис. 2) показывает наличие нескольких областей существования механизма рассматриваемого вида. С целью дальнейшего анализа нанесем на плоскость диаграммы их границы.

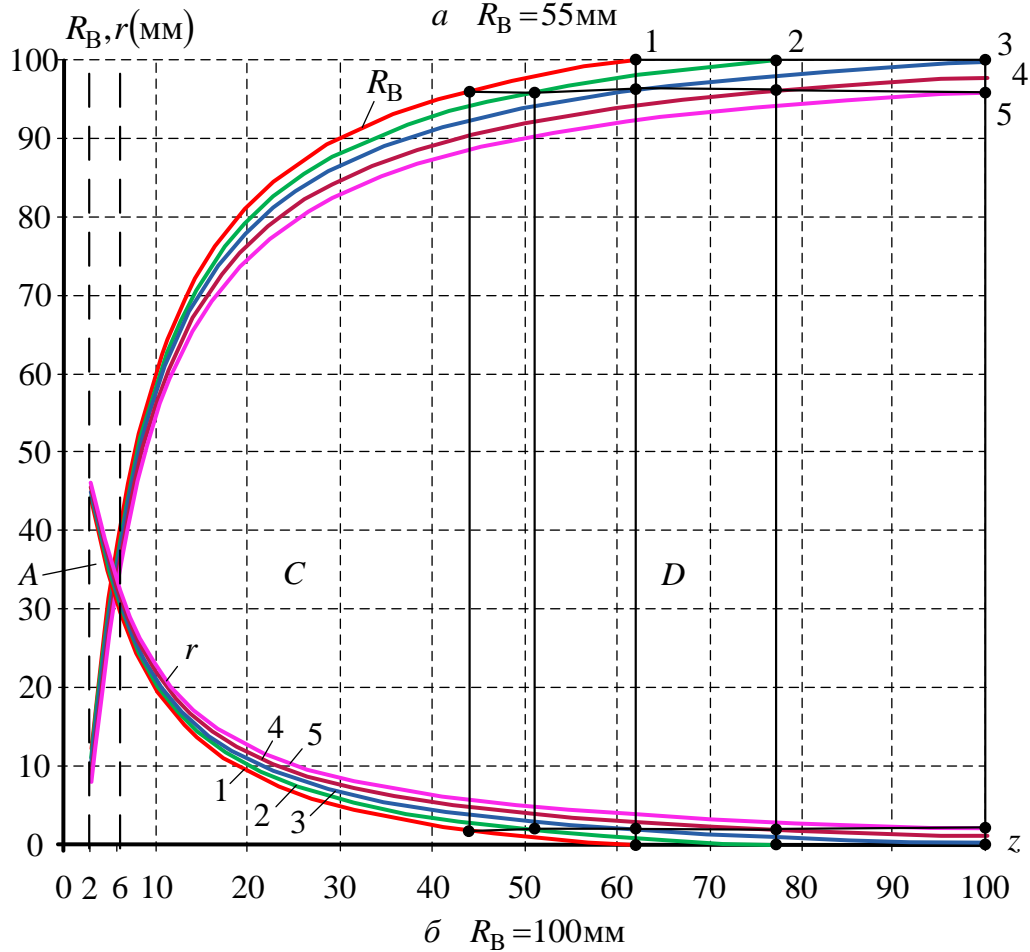
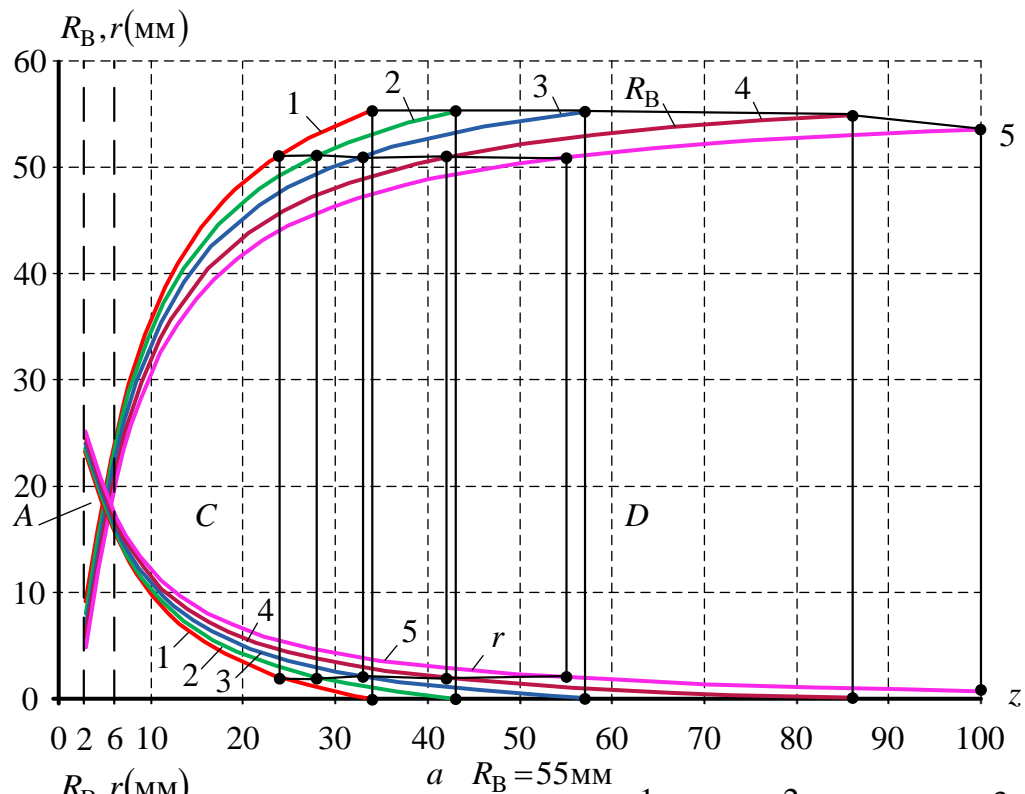


Рисунок 2 – Области существования механизмов с ЗСТК с диаметрами равной величины с сепаратором (водило) с поправкой по дорожке качения внутреннего кольца  
 1 –  $c=10$  мм, 2 –  $c=8$  мм, 3 –  $c=6$  мм, 4 –  $c=4$  мм, 5 –  $c=2$  мм

Анализ результатов вычислений проведенных по выражениям (1) и (2) и диаграмм представленных на рис. 2 показывает: область  $A$  ограничена значениями  $2 \leq z < 6$  для  $R_H = 55$  мм при  $0 < R_B/r < (1,11...1,67)$  и для  $R_H = 100$  мм при  $0 < R_B/r < (1,06...1,33)$ , что соответствует областям существования механизмов с ЗСТК с сепаратором (водило) обладающего телами качения с радиусами превышающими величину радиуса дорожки качения внутреннего кольца, т. е.  $r > R_B$ . Дальнейший анализ результатов полученных по выражениям (1) и (2) указывает на существование областей  $D$  ограниченных для  $R_H = 55$  мм значениями  $z \geq (24...55)$  при  $R_B/r \geq (25,06...26,54)$  (рис. 2, *a*) и для  $R_H = 100$  мм величинами  $z \geq (44...100)$  при  $R_B/r \geq (46,19...48,94)$  (рис. 2, *б*). Данные области соответствуют областям существования механизмов с сепаратором (водило) и замкнутой системой тел качения в виде иголок (малые ролики), обладающих радиусами значительно меньше радиуса дорожки качения внутреннего кольца, а дальнейший рост числа тел качения приводит к отрицательным величинам их радиусов. Это означает, что при данных значениях и выбранном направлении ввода поправки в расчет геометрических параметров механизм рассматриваемого вида не существует. В результате проведенных действий получаем области  $C$  расположенные между областями  $A$  и  $D$  и ограниченные для  $R_H = 55$  мм значениями  $6 \leq z < (24...55)$  при  $(1,11...1,67) \leq R_B/r < (25,06...26,54)$  и для  $R_H = 100$  мм величинами  $6 \leq z < (44...100)$  при  $(1,06...1,33) \leq R_B/r < (46,19...48,94)$ , которые соответствуют областям существования механизмов с ЗСТК с сепаратором (водило) и телами качения в виде роликов или шариков, обладающими радиусами меньше величины радиуса дорожки качения внутреннего кольца  $r < R_B$ . Анализ диаграмм областей существования (рис. 2) показывает, что рост значений зазора между телами качения сопровождается увеличением радиуса дорожки качения внутреннего кольца при незначительных изменениях величин радиусов тел качения в виде роликов или шариков, что также сопровождается смещением максимальных границ областей  $C$  в положительном отрицательном направлении оси  $z$  для  $R_H = 55$  мм в интервале  $(24...55)$  и для  $R_H = 100$  мм в диапазоне  $(44...100)$ . Это означает, что независимо от величины радиуса дорожки качения наружного кольца и вида тел качения при выбранном направлении ввода поправка в расчет геометрических параметров увеличение зазора между телами качения приводит к существенному сокращению площадей областей  $C$  и числа тел качения, т. е. большему значению зазора соответствует меньшая площадь рассматриваемых областей с более узким диапазоном числа тел качения.

В результате представленных действий определены границы областей существования механизмов с ЗСТК с диаметрами равной величины с сепаратором (водило) при вводе поправки в расчет геометрических параметров по дорожке качения внутреннего кольца. Анализ полученных областей показывает, что при выборе исходных данных для определения номинальных значений геометрических параметров механизмов рассмотренного вида необходимо придерживаться областей  $C$  ограниченных для  $R_H = 55$  мм значениями  $6 \leq z < (24...55)$  при  $(1,11...1,67) \leq R_B/r < (25,06...26,54)$  и для  $R_H = 100$  мм величинами  $6 \leq z < (44...100)$  при  $(1,06...1,33) \leq R_B/r < (46,19...48,94)$ , так как за пределами этих областей тела качения имеют радиусы превышающие величину радиуса дорожки качения внутреннего кольца или являются иголками (малые ролики) при достаточно большом их количестве. Данные рекомендации позволяют исключить сочетания исходных данных, при которых задача по определению номинальных значений геометрических параметров механизмов с ЗСТК с сепаратором (водило) не имеет решений.