

ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМ КООРДИНАТ ОБЪЕМНОГО БЛОКИРУЮЩЕГО КОНТУРА ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА РЯДНЫХ МЕХАНИЗМОВ С ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ ЗУБЧАТЫМИ КОЛЕСАМИ

Емельянов Д. П., Тихонов Д. А.

Научные руководители – доцент Мерко М. А., доцент Колотов А. В.

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск

Метод объемного блокирующего контура позволяет получить решение задачи связанной с обеспечением показателей качества рядных зубчатых механизмов. Достижение желаемых показателей качества возможно только при одновременном рассмотрении областей (зон) совместного существования параметров обеспечивающих показатели качества рядных зубчатых механизмов с цилиндрическими колесами. Применение данного метода дает возможность обеспечения показателей качества и в тех случаях, когда решение по существующим методам расчета не возможно, что исключают возникновение ситуаций, при которых обеспечение показателей качества рядных зубчатых механизмов не имеет однозначного приемлемого решения или вообще не имеет решений.

В работах научных руководителей рассмотрены вопросы формирования систем координат объемного блокирующего контура при обеспечении показателей качества рядных механизмов с тремя зубчатыми цилиндрическими колесами (рис. 1).

Формирование объемного блокирующего контура осуществляется в глобальной системе координат $\Sigma = \{0; X_1; X_2; X_3\}$ проецированием кривых показателей качества плоских блокирующих контуров построенных на соответствующих координатных плоскостях $h - x_{1h}x_{2h}$, $v - x_{1v}x_{3v}$, $w - x_{2w}x_{3w}$ (рис. 1, а). Однако объемный блокирующий контур имеет собственную систему координат $\Sigma = \{0; x_1; x_2; x_3\}$, расположенную в глобальной системе координат $\Sigma = \{0; X_1; X_2; X_3\}$, а точка 0 соответствующая началу отсчета собственной системы координат $\Sigma = \{0; x_1; x_2; x_3\}$ не совпадает с точкой 0 являющейся началом отсчета глобальной системы координат $\Sigma = \{0; X_1; X_2; X_3\}$ (рис. 1, б).

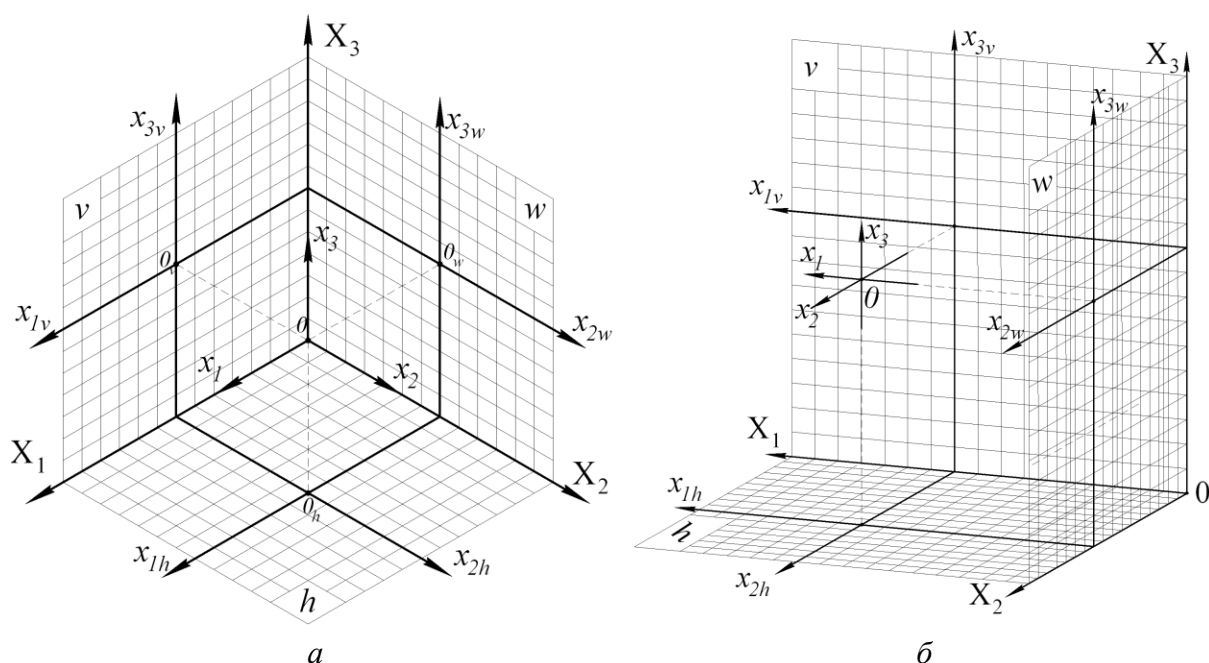


Рисунок 1

Метод объемного блокирующего контура является универсальным, а получаемый результат не зависит ни от количества зубчатых цилиндрических колес, ни от числа рядов содержащихся в схеме механизма. В тоже время, очевидно, что системы координат, представленные на рис. 1 не применимы для решения задачи связанной с обеспечением показателей качества рядных механизмов, образованных либо числом зубчатых цилиндрических колес больше трех, либо с количеством рядов от двух и более. Решение данных задач возможно при соответствии системы координат не только количеству рядов и числу зубчатых колес механизма, но и при учете особенностей их взаимодействия.

Рассмотрим процесс формирования систем координат объемного блокирующего контура для двухрядных механизмов с цилиндрическими зубчатыми колесами, структурные схемы которых представлены на рис. 2.

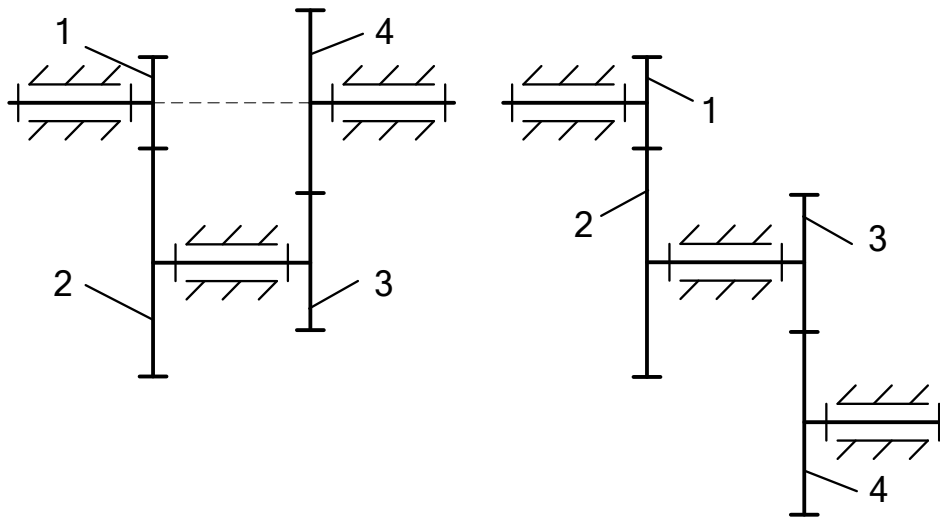


Рисунок 2

Из разделов математики известно, что прямолинейная система координат Σ в пространстве состоит из фиксированной точки пространства, соответствующей началу отсчета координат и трех координатных осей x, y, z , не лежащих на одной плоскости и пересекающихся в этой же точке. Однако, анализ структурных схем механизмов (рис. 2) показывает на наличие блока зубчатых колес 2-3, являющегося одним подвижным звеном. В этом случае особенностью построения глобальной системы координат для механизмов данного вида является потребность совмещения координатных осей X_2 и X_3 . Для формирования глобальной системы координат $\Sigma = \{0; X_1; X_2X_3; X_4\}$ (рис. 3, а) за начало отсчета принимает точку 0, а координатные оси x, y, z заменяем осями X_1, X_2X_3, X_4 соответственно. Масштабы длин всех трех осей X_1, X_2X_3, X_4 принимает одинаковые, что достигается умножением масштаба каждой оси на соответствующее число, тогда косинусы углов между положительными направлениями осей X_1, X_2X_3, X_4 соответствующие координатам углов определим по следующим выражениям

$$\cos \angle (X_2X_3, X_4) = \omega_{34},$$

$$\cos \angle (X_1, X_4) = \omega_{14},$$

$$\cos \angle (X_1, X_2X_3) = \omega_{12}.$$

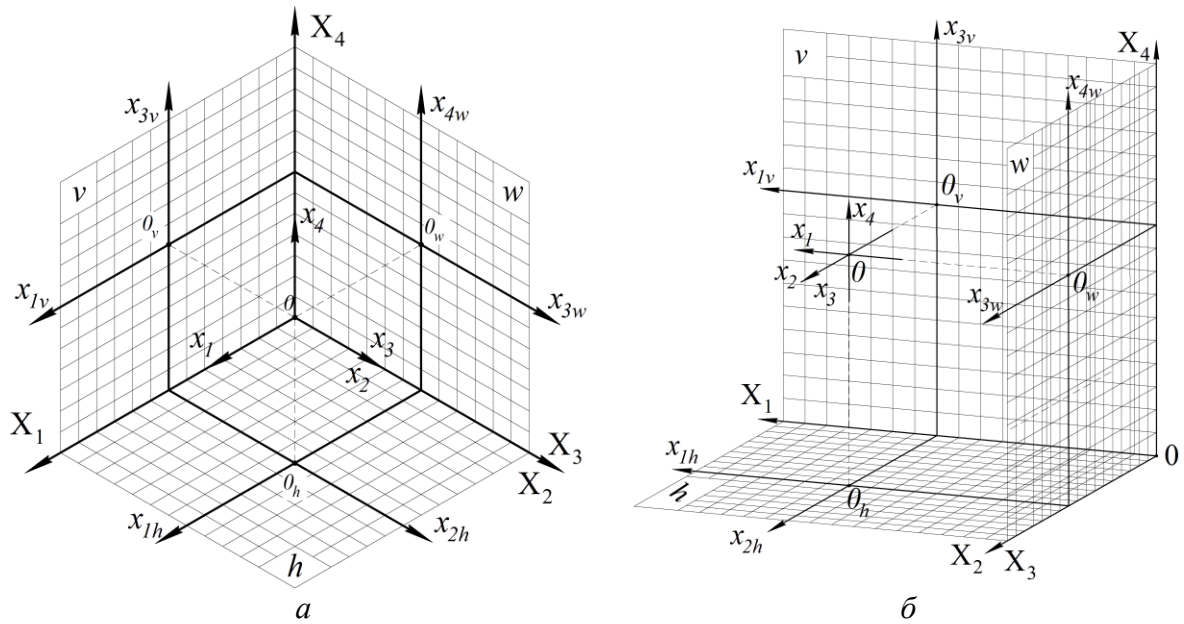


Рисунок 3

Для удобства последующего анализа объемного блокирующего контура считаем, что координаты углов равны $\omega_1 = \omega_2 = \omega_3 = 0$, в этом случае глобальная система координат становится прямоугольной (декартовой). Данное условие является не обязательным, так как процесс построения объемного блокирующего контура возможен и в косоугольной системе координат при не равенстве координат углов $\omega_1 \neq \omega_2 \neq \omega_3 \neq 0$. Как прямоугольная (декартовая) так и косоугольная система координат могут быть правыми и левыми, что определяется в зависимости от взаимного расположения положительных направлений координатных осей X_1, X_2, X_3, X_4 .

В результате глобальная система координат $\Sigma = \{0; X_1; X_2, X_3; X_4\}$ (рис. 3, а) будет содержать три координатные плоскости $h - X_1, 0, X_2, X_3$; $n - X_1, 0, X_4$; $w - X_2, X_3, 0, X_4$. На координатных плоскостях глобальной системы располагаются плоские прямоугольные (декартовые) системы координат $h - \Sigma = \{0_h; x_{1h}; x_{2h}\}$, $n - \Sigma = \{0_n; x_{1n}; x_{4n}\}$, $w - \Sigma = \{0_w; x_{3w}; x_{4w}\}$ каждая из которых соответствует паре зубчатых колес образующих зацепление. Все плоские системы координат имеют некоторую точку $\Sigma = \{0_h; x_{1h}; x_{2h}\} - 0_h$, $\Sigma = \{0_n; x_{1n}; x_{4n}\} - 0_n$, $w - \Sigma = \{0_w; x_{3w}; x_{4w}\} - 0_w$ являющуюся началом отсчета их координат. Масштабы длин всех осей плоских систем координат принимаем одинаковые. Косинусы углов между положительными направлениями пар осей каждой системы соответствующие координатам углов определим по следующим выражениям

$$\cos \angle(x_{3w}, x_{4w}) = \omega_{34w},$$

$$\cos \angle(x_{1v}, x_{4v}) = \omega_{14v},$$

$$\cos \angle(x_{1h}, x_{2h}) = \omega_{12h}.$$

Координаты углов равны $\omega_{34w} = \omega_{14v} = \omega_{12h} = 0$, так как плоские системы координат являются прямоугольными (декартовыми).

Объемный блокирующий контур имеет собственную систему координат $\Sigma=\{0; x_1; x_2x_3; x_4\}$ (рис. 3, б), которая, как и предшествующие системы координат, является прямоугольной (декартовой) и имеет координатные оси x_1, x_2x_3, x_4 с одинаковыми масштабами. Косинусы углов между положительными направлениями этих осей соответствуют координатам углов, значения которых определим по следующим выражениям

$$\cos \angle(x_2x_3, x_4) = \omega_{34},$$

$$\cos \angle(x_1, x_4) = \omega_{14},$$

$$\cos \angle(x_1, x_2x_3) = \omega_{12}.$$

Началом отсчета собственной системы координат является точка 0 , которая получена в результате проецирования точек $0_h, 0_n, 0_w$ соответствующих началам отсчета координат плоских систем $\Sigma=\{0_h; x_{1h}; x_{2h}\}$, $\Sigma=\{0_n; x_{1n}; x_{4n}\}$, $\Sigma=\{0_w; x_{3w}; x_{4w}\}$ (рис. 3, б).

Пространство собственной системы координат разбивается тремя координатными плоскостями на восемь октантов, в которых знак каждой отдельной координаты определяется в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1

Октант	1	2	3	4	5	6	7	8
x_1	+	–	–	+	+	–	–	+
x_2x_3	+	+	–	–	+	+	–	–
x_4	+	+	+	+	–	–	–	–

Формирование объемного блокирующего контура осуществляется в собственной системе координат $\Sigma=\{0; x_1; x_2x_3; x_4\}$ проецированием кривых показателей качества плоских блокирующих контуров, построенных на плоских системах координат $\Sigma=\{0_h; x_{1h}; x_{2h}\}$, $\Sigma=\{0_n; x_{1n}; x_{4n}\}$, $\Sigma=\{0_w; x_{3w}; x_{4w}\}$ и расположенных на координатных плоскостях $h - \Sigma=\{0_h; x_{1h}; x_{2h}\}$, $n - \Sigma=\{0_n; x_{1n}; x_{4n}\}$, $w - \Sigma=\{0_w; x_{3w}; x_{4w}\}$ глобальной системы координат $\Sigma=\{0; X_1; X_2X_3; X_4\}$.

Положение любой точки P объемного блокирующего контура в глобальной системе координат $\Sigma=\{0; X_1; X_2X_3; X_4\}$ (рис. 3) характеризуется двумя видами координат: ковариантными и контравариантными координатами, которые совпадают, так как данная система координат является прямоугольной (декартовой).

Координаты точки P объемного блокирующего контура относительно глобальной системы записываются: $P=P_{\Sigma}=(X_1; X_2X_3; X_4)_{\Sigma}$, а относительно собственной системы $P=(x_1; x_2x_3; x_4)$. Если используются только глобальная система, то индекс Σ можно опустить. При этом координата точки P в собственной системе координат считается положительной, если эта точка лежит по ту же сторону относительно координатной плоскости, проходящей через две координатные оси, куда указывает положительное направление третьей координатной оси. В противном случае координата точки является отрицательной.

В результате описанных действий сформированы системы координат необходимые для построения объемного блокирующего контура, позволяющего решить задачу обеспечения показателей качества рядных механизмов с цилиндрическими зубчатыми колесами, представленных на рис. 2.