

К СИНТЕЗУ ЦИЛИНДРО-КОНИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ЗАЦЕПЛЕНИЙ НА БАЗЕ НЕЭВОЛЬВЕНТНОГО ИСХОДНОГО ЗВЕНА В ОБОБЩАЮЩИХ КООРДИНАТАХ

О.Н. Цуканов

При синтезе зубчатых зацеплений традиционным методом с привязкой к исходному производящему контуру диапазон выбора параметров зацепления ограничивается соответствующей локальной областью существования. При синтезе зацеплений в обобщающих координатах определяется

предельная область существования зацепления [1, 2], что позволяет резко расширить диапазон выбора его параметров и в широких пределах управлять комплексом геометро-кинематических и нагрузочных показателей [3].

К настоящему времени автором статьи полностью разработана теория синтеза в обобщающих координатах неэвольвентных цилиндро-конических зацеплений, образуемых на базе цилиндрического (по форме заготовки) исходного (огibaемого) звена с эвольвентным торцовым профилем зубцов (зубьев без переходных кривых) [2].

Неэвольвентный торцовый профиль зубцов теоретически может быть образован перекачиванием по некоторой окружности отрезка некоторой кривой линии $f(x, y) = 0$ (рис. 1), в частности, дуги окружности, ветви параболы, гиперболы и др., а практически методом обкатки заготовки производящей рейкой с соответствующим профилем зубцов. Перекачиваемая кривая может состоять и из нескольких участков различной формы, а в самом общем случае может быть задана набором точек с определенным шагом дискретности. Соответствующий профиль зубцов может быть реализован на станках с числовым программным управлением.

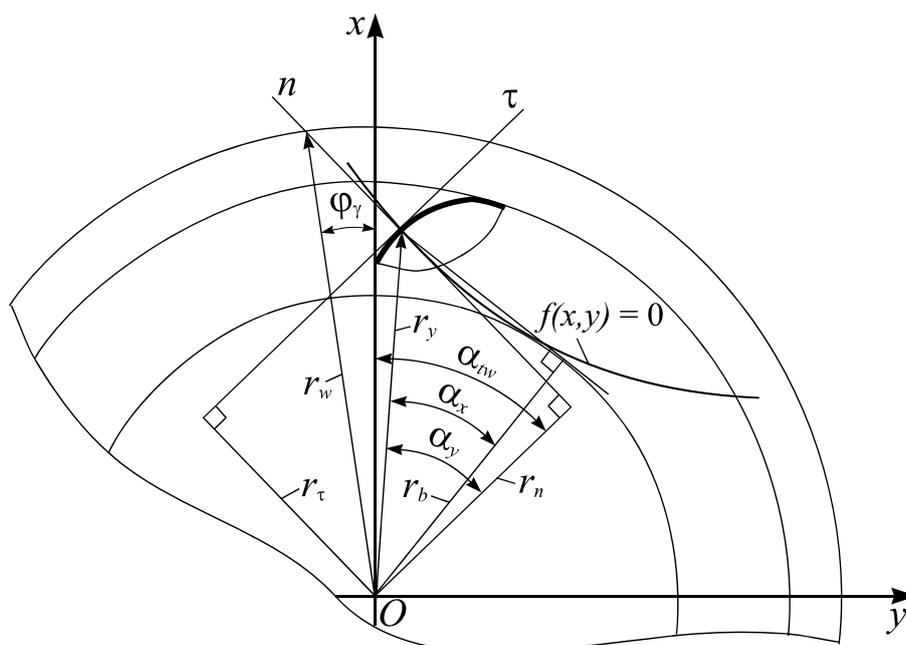


Рис. 1. К определению неэвольвентного торцового профиля зубца в обобщающих координатах

Окружность, по которой перекачивается кривая, для общности, условимся называть основной, как и в случае с эвольвентным профилем зубцов, а диаметр наибольшей по ширине зубчатого венца основной окружности $d_{b \max}$ принимать в качестве обобщающего параметра, определяющего габариты передачи.

При заданных значениях независимых параметров схемы передачи геометрия неэвольвентного зацепления в общем случае полностью опреде-

ляется значениями обобщающих координат точек поверхности зубца исходного звена в его торцовых сечениях: торцового угла зацепления α_{tw} , определяющего угловое положение нормали n и касательной τ к торцовому профилю зубца в системе координат xOy ; профильных углов α_x, α_y , определяющих расстояния r_n и r_τ от оси исходного звена до нормали и касательной к торцовому профилю соответственно (см. рис. 1), и относительной толщины зубца на окружности вершин m_a (в долях диаметра $d_{b\max}$).

Из рассмотрения рис. 1 получим:

$$r_n = r_y \cos \alpha_y, \quad r_\tau = r_y \sin \alpha_y, \quad (1)$$

где r_y – модуль текущего радиуса-вектора профиля зубца; $r_y = r_b \sec \alpha_x$, $r_b = 0,5d_b$; d_b – текущий диаметр основной окружности.

Если в любом торцовом сечении исходного звена $\alpha_x = \alpha_y$, то получаем неэвольвентное зацепление с эвольвентным цилиндрическим исходным звеном, а разработанная автором статьи теория синтеза таких зацеплений в обобщающих координатах [2] может рассматриваться как частный случай более общей теории. Иными словами, синтез неэвольвентных зацеплений на базе эвольвентного исходного звена выполняется в плоской системе обобщающих координат (α_{tw}, α_y) , а синтез неэвольвентных зацеплений на базе неэвольвентного исходного звена – в пространственной системе обобщающих координат $(\alpha_{tw}, \alpha_x, \alpha_y)$.

Исходя из физических закономерностей образования неэвольвентных зацеплений в процессе кинематического огибания, можно сформулировать два общих принципа определения поверхности зацепления в обобщающих координатах:

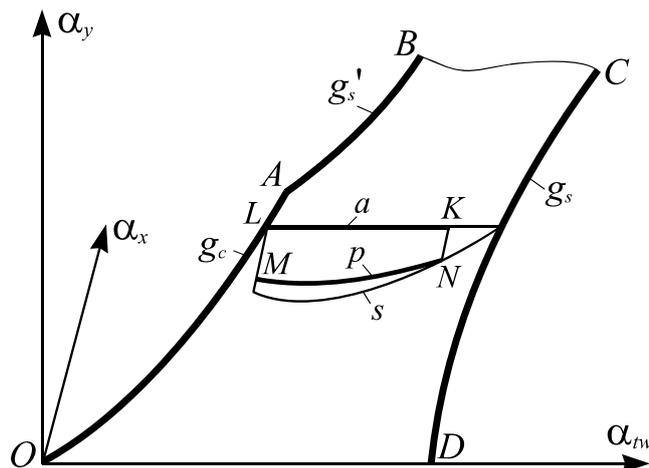
1) поверхность зацепления существует в некоторой предельной области, называемой обобщенной областью существования зацепления (ООСЗ), определяемой совокупностью значений независимых параметров схемы передачи, числом зубцов исходного звена и их относительной толщиной на окружности вершин в пространственной системе обобщающих координат $\alpha_{tw}, \alpha_x, \alpha_y$;

2) при заданных в обобщенной области существования зацепления значениях обобщающих координат $\alpha_{tw\max}, \alpha_x, \alpha_y$ одной из крайних точек поверхности зацепления на вершине зубца исходного звена определяется ее локальная область существования (ЛОСЗ).

Исходя из результатов исследований, описанных в [2, 3], можно предположить, что ООСЗ и ЛОСЗ будут иметь вид, показанный на рис. 2.

Обобщенная область существования неэвольвентного зацепления с неэвольвентным цилиндрическим исходным звеном, также как и с эвольвентным, ограничивается предельными кривыми заострения (g_s, g_s') и подрезания (g_c) зубцов огибающего звена.

Рис. 2. Предполагаемые формы обобщенной ($OABCD$) и локальной ($KLMN$) областей существования цилиндрико-конических зубчатых зацеплений в пространственных обобщающих координатах



Локальная область существования зацепления ограничивается отрезком прямой a , соответствующей заданным значениям углов α_x и α_y на вершине зубца исходного звена; локальной кривой заострения зубца огибающего звена s , соответствующей этим значениям, и линией p , форма которой зависит от формы поверхности вершин зубцов этого звена, которая чаще всего, является конической.

Поверхность зубцов производящей рейки воспроизводится поступательным перемещением линии касания ее с поверхностью зубцов исходного звена (характеристики) в направлении прямолинейных образующих.

Точки характеристики находятся поворотом точек торцового профиля зубцов на угол φ_γ (см. рис. 1) на плоскости проекций xOy и перемещением на расстояние $w = p_\gamma \varphi_\gamma$ от этой плоскости, где p_γ – винтовой параметр.

Из рассмотрения рис. 1 с учетом зависимостей (1) получим следующие уравнения характеристики:

$$\begin{aligned} x &= r_b \sec \alpha_x [\cos \alpha_y \cos \alpha_{tw} + \sin \alpha_y \sin \alpha_{tw}]; \\ y &= r_b \sec \alpha_x [\cos \alpha_y \sin \alpha_{tw} - \sin \alpha_y \cos \alpha_{tw}]; \\ w &= p_\gamma \{ \alpha_{tw} - \arccos [(r_b \sec \alpha_x \cos \alpha_y) / r_w] \}, \end{aligned} \quad (2)$$

где r_w – радиус окружности торцового сечения начальной поверхности исходного звена.

Использование исходного звена с неэвольвентным торцовым профилем зубцов расширяет возможности управления комплексом геометро-кинematicких и нагрузочных показателей зацепления на стадии его синтеза в обобщенной области существования за счет изменения формы этого профиля.

Если по основной окружности перекачивать окружность, то получим, так называемый, циклоидальный торцовый профиль зубцов огибающего звена. Такие профили используются, например, при проектировании роторов винтовых компрессоров, широко применяемых в бытовой, военной и космической технике.

Задача проектировщика состоит в том, чтобы найти такие параметры профилей роторов, при которых обеспечивается наивысшая производительность компрессора. После того как эти параметры найдены, проектируется соответствующий профиль зубьев дисковой фасонной фрезы для их обработки на станках с числовым программным управлением.

Выводы

1. Обоснован выбор обобщающих координат, в которых следует выполнять синтез цилиндро-конических зацеплений на базе неэвольвентного исходного звена без привязки к исходному производящему контуру.

2. Сформулированы принципы определения поверхности неэвольвентных зацеплений в пространственных обобщающих координатах.

3. Получены уравнения характеристики производящей рейки для профилирования зубцов исходного звена в указанных координатах.

Библиографический список

1. Вулгаков, Э.Б. Теория эвольвентных зубчатых передач / Э.Б. Вулгаков. – М.: Машиностроение, 1995. – 320 с.

2. Цуканов, О.Н. Новые подходы к проектированию неэвольвентных зубчатых передач на базе эвольвентного исходного звена / О.Н. Цуканов // Известия ЧНЦ УрО РАН. – http://www.sci.urf.ac.ru/2003_4/. – С. 92–95.

3. Цуканов, О.Н. К анализу цилиндро-конических зубчатых зацеплений в обобщающих координатах / О.Н. Цуканов, Е.А. Полуэктов // Известия вузов. Машиностроение. – 2007. – № 9. – С. 10–12.