
ПРОБЛЕМЫ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 621.9

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ НЕЭВОЛЬВЕНТНЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ НА БАЗЕ ЭВОЛЬВЕНТНОГО ИСХОДНОГО ЗВЕНА

О.Н. Цуканов

e-mail: tsukanovon@rambler.ru

Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Златоусте, Россия

Статья поступила 6 декабря 2003 г.

Вопросы геометрии неэвольвентных зубчатых передач с эвольвентным цилиндрическим исходным звеном впервые были рассмотрены в монографии Я.С. Давыдова [1], а позже в монографии Ф.Л. Литвина [2]. 16 октября 2003 года в своей лекции для «зубчатников» России в Москве один из выдающихся ученых в области теории зубчатых зацеплений профессор Ф.Л. Литвин, возглавляющий «Gear Research Center» в США (г. Чикаго), на которой присутствовал и автор статьи, отметил, что разработки таких передач актуальны и в настоящее время. Разработки неэвольвентных передач типа цилиндро-конических с малым межосевым углом представлены в работе Б.А. Лопатина и О.Н. Цуканова [3]. Их перспективность и применение в технике обусловлены, прежде всего, широкими геометро-кинематическими возможностями неэвольвентного зацепления [4]. Однако на практике эти возможности используются далеко не полностью, так как синтез и анализ таких зацеплений привязывается к исходному контуру проектируемых передач. Вместе с тем даже у обычной эвольвентной цилиндрической передачи вскрываются большие резервы повышения ее несущей способности, ресурса и надежности, если анализ и синтез зацепления выполняется исходя только из его теоретических возможностей с использованием обобщающих параметров [5]. Это резко расширяет диапазон управления геометро-кинематическими показателями (ГКП) зацепления с целью получения их наиболее благоприятного комплекса. А как показывает опыт эксплуатации цилиндро-конических зубчатых передач, только комплексное сочетание благоприятных геометрических и кинематических показателей зацепления способствует улучшению их технико-эксплуатационных характеристик. В неэвольвентном зацеплении, образуемом на базе эвольвентного исходного звена, в отличие от эвольвентного, можно получить практически любой характер контакта путем соответствующего выбора разности чисел зубьев эвольвентного колеса передачи и исходного звена [1...3]. В неэвольвентном зацеплении имеются также дополнительные возможности управления его геометро-кинематическими показателями за счет изменения параметров поверхности зацепления, которая в отличие от эвольвентного зацепления, не является плоской [1...3]. Наиболее широкие возможности управления ГКП зацепления открываются при синтезе передачи с внутренним неэвольвентным зацеплением, образуемом на базе цилиндрического эвольвентного исходного звена [3, 4]. Исходя из этого, схема такой передачи на скрещающихся осях принята в качестве исходной схемы при проектировании (рис. 1). Остальные варианты схем передач рассматриваются как ее модификации или частные случаи. Начальная поверхность неэвольвентного звена передач рассматривается как огибающая начальной поверхности эвольвентного исходного звена и касается ее по некоторой линии. Идентичное исходному цилиндрическому звену с внутренними зубьями производящее колесо может быть реализовано движениями режущих кромок шевера с внутренними зубьями. Идентичное исходному цилиндрическому звену с внешними зубьями производящее колесо реализуется движениями режущих кромок обычного долбяка. Для решения некоторых практических задач может использоваться

коническое исходное звено, например, для обеспечения линейного контакта на обеих сторонах зубьев эвольвентно–конической шестерни передачи редуктора для раздвоения потока мощности в судовых приводах [3, 4]. В этом случае идентичное ему производящее колесо реализуется движениями режущих кромок эвольвентно–конического шевера. При заданном значении передаточного отношения i относительную (при единичном диаметре основной окружности исходного звена) геометрию исходной схемы передачи полностью определяют следующие обобщающие параметры (рис. 1): a_w — межосевое расстояние; Σ — межосевой угол или δ_w — угол наклона геометрической оси неэвольвентного звена к начальной плоскости передачи H ; γ_w — угол между касательными к образующим начальных поверхностей звеньев в точке W касания их начальных окружностей; β_w — угол наклона линии зуба исходного звена на начальной поверхности.

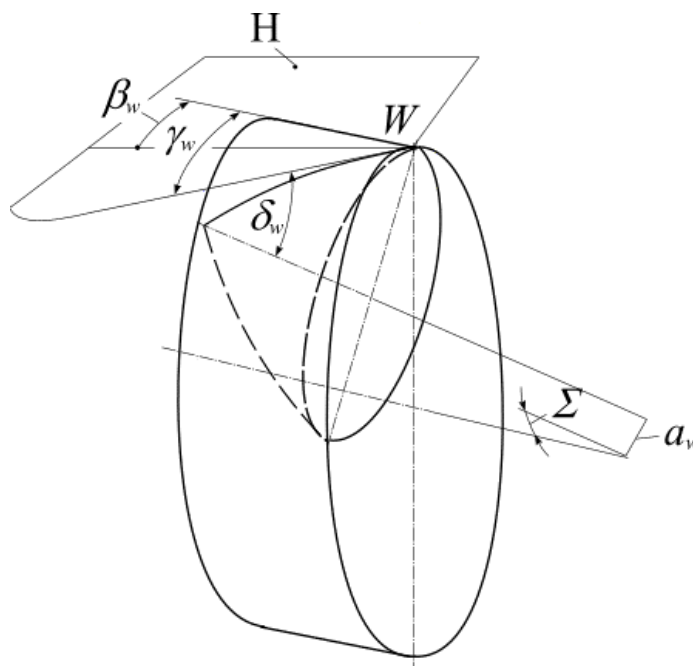


Рис. 1. Исходная схема неэвольвентной зубчатой передачи с эвольвентным цилиндрическим исходным звеном

При выбранных значениях обобщающих параметров схемы передачи относительная геометрия зацепления полностью определяется текущими и экстремальными значениями обобщающих параметров зацепления: α_{tw} (торцового угла зацепления), определяющего положение образующих поверхности зацепления, и α_y (угла профиля эвольвенты исходного звена), определяющего положение точек на этих образующих.

Задача синтеза зацепления в обобщающих параметрах может быть сформулирована следующим образом: при заданных значениях обобщающих параметров схемы передачи определить поверхность зацепления в ее обобщающих координатах, а по ней — поверхности зубцов звеньев.

Поверхность неэвольвентного зацепления, образуемого на базе эвольвентного исходного звена, можно рассматривать как совокупность точек веера нормалей к профилю его зубцов, жестко связанных с осью его вращения. Поэтому она может быть описана системой уравнений этого профиля в неподвижной системе координат и уравнением, связывающим аппликату торцового сечения исходного звена с обобщающими параметрами зацепления [3].

Принципы синтеза поверхности неэвольвентного зацепления в обобщающих параметрах, сформулированные автором статьи, заключаются в следующем:

1. Поверхность неэвольвентного зацепления существует в пределах обобщенной области существования зацепления (ООСЗ), определяемой совокупностью значений обобщающих параметров схемы передачи a_w , $\Sigma(\delta_w)$, γ_w , β_w и обобщающих параметров зубчатого венца исходного звена z (число зубцов) и m_a (относительная толщина зубцов на окружности вершин).

2. В пределах ООСЗ существует локальная область существования зацепления (ЛОСЗ), определяющая поверхность неэвольвентного зацепления при заданных значениях обобщающих координат одной из ее крайних точек α_a (угол профиля зубца исходного звена на окружности вершин) и α_{tw} (угол зацепления в соответствующей точке).
3. В пределах ООСЗ существует локальная область существования зацепления, определяющая поверхность неэвольвентного зацепления с наиболее благоприятным комплексом его геометро–кинематических показателей.
4. Комплекс ГКП неэвольвентного зацепления можно управлять путем изменения обобщающих координат одной из крайних точек поверхности зацепления в пределах обобщенной области существования зацепления.

Принципы определения областей существования неэвольвентных зацеплений с цилиндрическим эвольвентным исходным звеном в обобщающих координатах α_{tw} , α_y иллюстрируются рис. 2 для внутреннего зацепления и рис. 3 для внешнего зацепления.

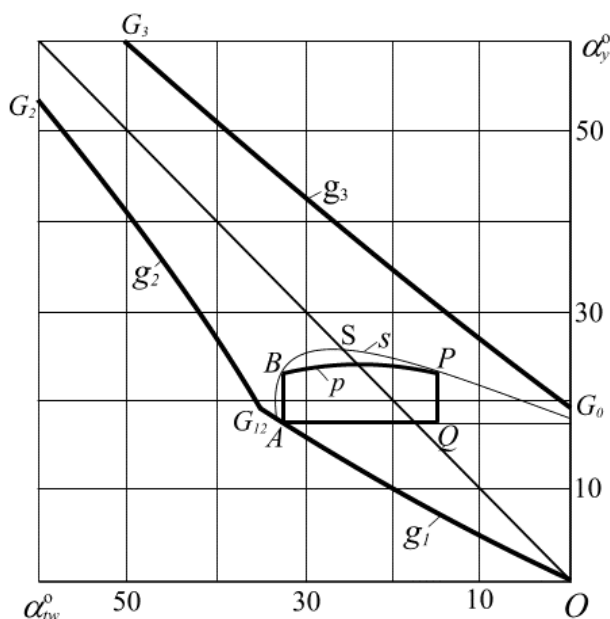


Рис. 2. К определению обобщенной ($OG_{12}G_2G_3G_0O$) и локальной ($ABPQ$) областей существования внутреннего неэвольвентного зацепления на базе эвольвентного цилиндрического исходного звена:

g_1 — граничная кривая подрезания неэвольвентных зубцов; g_2, g_3 — граничные кривые заострения неэвольвентных зубцов; s — локальная кривая заострения неэвольвентного зубца; S — вершина кривой s ; p — кривая, определяющая форму образующей поверхности вершин неэвольвентного звена

Обобщенная область существования зацепления ($OG_{12}G_2G_3G_0O$) ограничивается кривой подрезания g_1 и кривыми заострения g_2, g_3 зубцов неэвольвентного звена, которые строятся при варьировании управляющего параметра α_a . Для расчета координат точек указанных кривых используются уравнения, полученные в [3].

Локальная область существования зацепления строится при заданном значении обобщающего параметра α_a и ограничивается соответствующей прямой линией $\alpha_y = \alpha_a$ и локальной кривой заострения неэвольвентных зубцов s . Вершина S кривой s лежит на биссектрисе угла $\alpha_{tw} O \alpha_y$, точки которой соответствуют возможным полюсам зацепления.

При заданных значениях обобщающих координат α_{tw} и α_a крайней точки A ЛОСЗ она является однозначно определенной областью $ABPQ$, линия p которой определяет форму образующей поверхности вершин неэвольвентного звена. В пределе линия p совпадает с кривой s . При определенных значениях обобщающих координат точки A локальная область существования может ограничиваться справа (для внутреннего зацепления) или снизу (для внешнего зацепления) соответствующей осью координат, а при малой разности чисел зубьев колес во внутреннем зацеплении — условием отсутствия интерференции вершин зубьев.

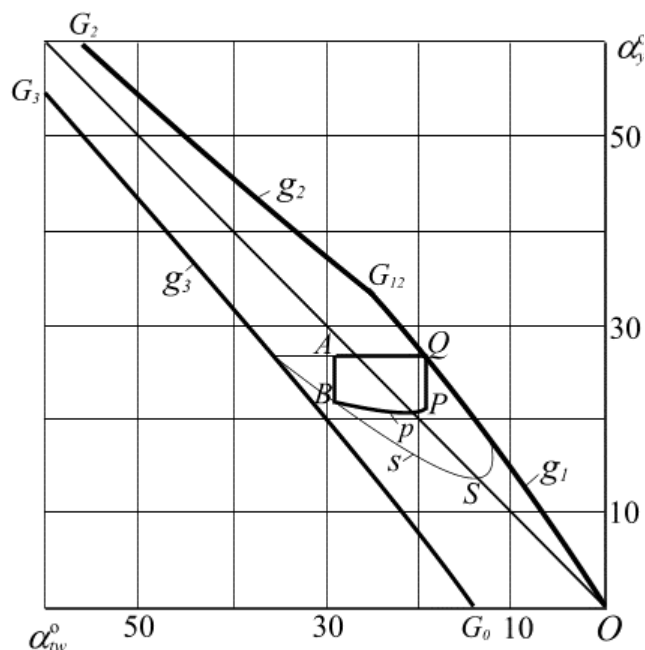


Рис. 3. К определению обобщенной ($OG_{12}G_2G_3G_0O$) и локальной ($ABPQ$) областей существования внешнего неэвольвентного зацепления на базе эвольвентного цилиндрического исходного звена:

g_1 — граничная кривая подрезания неэвольвентных зубцов; g_2, g_3 — граничные кривые заострения неэвольвентных зубцов; s — локальная кривая заострения неэвольвентного зубца; S — вершина кривой s ; p — кривая, определяющая форму образующей поверхности вершин неэвольвентного звена

Заключение

Для успешного проектирования зубчатых передач, удовлетворяющих самым высоким требованиям машиностроения, синтез зацепления предлагается выполнять по схеме «от поверхности зацепления в обобщающих координатах — к качественным показателям и лишь затем к технологии изготовления зубчатого изделия», а анализ зацепления — с помощью обобщенной и локальных областей его существования.

При реализации изложенных подходов в системе автоматизированного проектирования появляется возможность определять предельные значения геометрических и кинематических показателей неэвольвентных передач разных видов, а при заданных критериях работоспособности и требованиях к массогабаритным показателям передачи — наиболее благоприятный комплекс геометро–кинематических показателей зацепления.

Список литературы

1. Давыдов Я.С. Неэвольвентное зацепление. М.: Машгиз, 1950. 180 с.
2. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. М.: Наука, 1968. 584 с.
3. Лопатин Б.А., Цуканов О.Н., Лопатин Д.Б. Цилиндро–конические зубчатые передачи. Челябинск: ЮУрГУ, 2001. 54 с.
4. Лопатин Б.А., Цуканов О.Н., Плотникова С.В. Цилиндро–конические зацепления в приводах машин // Вестник машиностроения, 2003, № 8. С. 7—9.
5. Вулгаков Э.Б. Теория эвольвентных зубчатых передач. М.: Машиностроение, 1995. 320 с.