

Б.С.ВОРОНЦОВ, канд. техн. наук, ВНУ им. В.Даля

ИНТЕРАКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИНТЕЗОМ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Розглядається керований комп'ютерний синтез зубчатих передач. Аналізуються різні методи створення апарату керування кривою. Приведені результати використання керованого синтезу вихідного контуру твірної поверхні.

Controlled synthesis of gear has been investigated. Different methods of creation of apparatus for the curve control have been analyzed. The results of the use of the controlled synthesis of the original profile of the forming surface have been presented.

Постановка проблеми. При создании новой конкурентоспособной продукции в машиностроении необходимо учитывать повышенные требования к технике и ее элементам. Важнейшей составляющей современной техники являются зубчатые механизмы. Поэтому, от того, насколько совершенны будут спроектированные зубчатые передачи, будет зависеть качество работы машин и механизмов в целом.

Анализ литературы. Среди работ по исследованию зубчатых передач, важное место занимают работы, посвященные их синтезу по показателям работоспособности. В работе [1] предложен метод синтеза эвольвентного зацепления с заданными геометрическими параметрами и с повышенной нагрузочной способностью, при которых, независимо от исходного контура, геометро-кинематические показатели выбираются с целью снижения динамических нагрузок, повышения контактной прочности и т.д. В частности, предложенный в работе метод позволяет синтезировать эвольвентные передачи с предельно малым и предельно большим количеством зубьев.

В работе [2] разработан обобщенный метод синтеза зацеплений по заданным показателям и решен ряд конкретных практических задач конструирования циклоидального и эвольвентного зацеплений, а также зацеплений Новикова. С использованием указанного метода, синтезированные передачи характеризуются повышенной плавностью работы и бесшумностью. Синтез осуществлялся по заданным коэффициентам полезного действия, по заданной постоянной величине контактных напряжений. Синтез цилиндрических передач с повышенной нагрузочной способностью по заданной линии контакта выполнен в работе [3].

Используемый в работе [4] метод синтеза передач по заданным показателям работоспособности основывается на построении такой производящей поверхности, которая обеспечивает нарезание профилей зубьев синтезированных передач. При этом задача синтеза сводится к решению дифференциальных уравнений, которые описывают геометро-кинематические характеристики зубчатого зацепления через параметры производящей поверхности.

Работы [5,6] посвящены исследованию передач с продольной модификацией зубьев. Среди зарубежных публикаций следует отметить работу [7].

Цель статьи. Анализ научных исследований показал, что в работах при синтезе зубчатых передач не учитывается возможность управления геометрией зубьев непосредственно при создании на компьютере новых зацеплений, при котором одновременно отслеживается на экране процесс изменения показателей работоспособности зубчатых передач. Поэтому, целью данной работы является разработка интуитивно понятной для инженера методики компьютерного синтеза зубчатых передач с выбираемыми им геометро-кинематическими показателями на основании аппарата интерактивного управления формой производящей поверхности.

Основная часть. Для выбора наиболее подходящей геометрии рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес необходимо учитывать реальные условия и эксплуатационные требования, предъявляемые к передачам. Для относительной оценки синтезируемой передачи широко применяются геометро-кинематические показатели [8] такие, как:

- относительная скорость скольжения рабочих поверхностей;
- суммарная скорость перемещения точек контакта в направлении перпендикулярном линии мгновенного контакта;
- коэффициенты удельных скольжений;
- угол между относительной скоростью и направлением линии контакта;
- приведенная кривизна поверхностей зубьев в направлении, перпендикулярном линии контакта;
- коэффициент нагрузки;
- коэффициент перекрытия и др.

Все эти показатели зависят от геометрии производящей поверхности. При параметрическом описании производящей поверхности в эти зависимости входят две независимые переменные λ и μ .

Если в процессе синтеза передачи производить интерактивное изменение производящей поверхности, то автоматически будут изменяться геометро-кинематические показатели, которые можно одновременно отслеживать в отдельных окнах на компьютере. Сравнивая графики зависимостей показателей, можно выбрать наиболее подходящую для данных условий производящую поверхность.

Рассмотрим различные варианты интерактивного управления производящей поверхностью. На рис.1. представлена обобщенная производящая поверхность реечного типа. Контур поверхности в нормальном сечении можно представить в виде управляемой кривой.

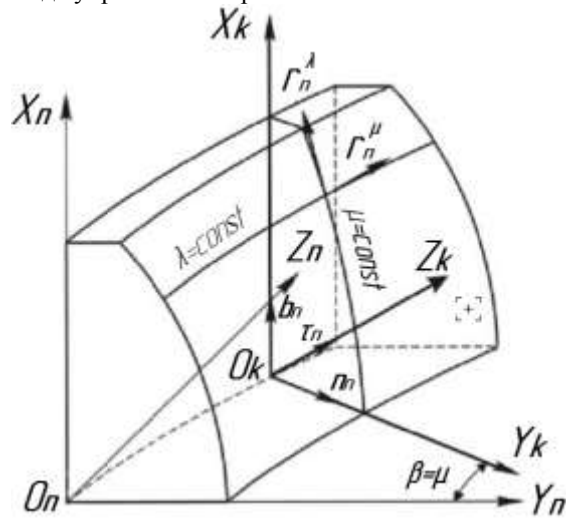


Рис. 1. Обобщенная производящая поверхность

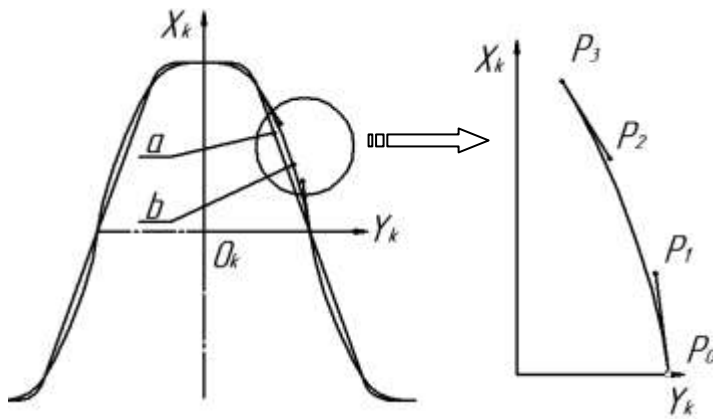


Рис.2. Исходный контур
а) стандартный б) модифицированный

На рис.2 показан исходный контур производящей поверхности. В качестве кривой, позволяющей модифицировать исходный контур в процессе интерактивного синтеза, приведена кривая Безье третьего порядка. Уравнение кривой в параметрическом виде:

$$\begin{cases} x_k = f_1(\lambda) = \lambda^3 x_0 + 3\lambda^2 \lambda x_1 + 3\lambda \lambda^2 x_2 + \lambda^3 x_3 \\ y_k = f_2(\lambda) = \lambda^3 y_0 + 3\lambda^2 \lambda y_1 + 3\lambda \lambda^2 y_2 + \lambda^3 y_3 \end{cases}$$

где λ – переменная величина;

x_0, y_0, x_3, y_3 - координаты опорных точек P_0, P_3 ;

x_1, y_1, x_2, y_2 - координаты управляющих точек P_1, P_2 .

Этой кривой можно управлять с помощью курсора на экране компьютера, изменяя положение опорных точек P_0, P_3 и управляющих точек P_1, P_2 . На рис. 3. приведен пример изменения формы кривой при перемещении управляющих точек.

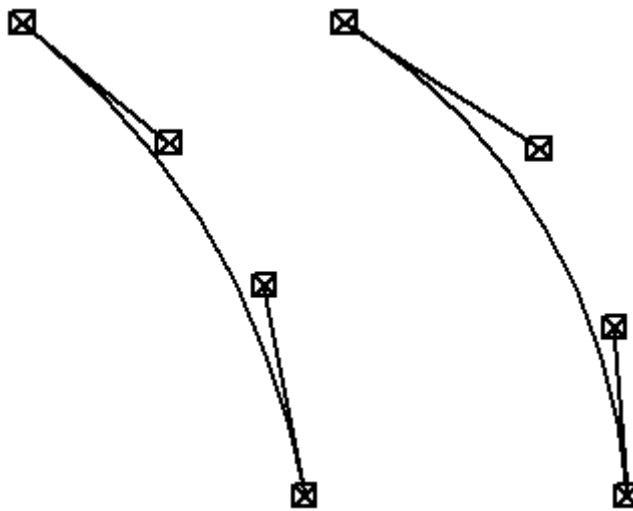


Рис.3. Управление кривой с помощью управляющих точек

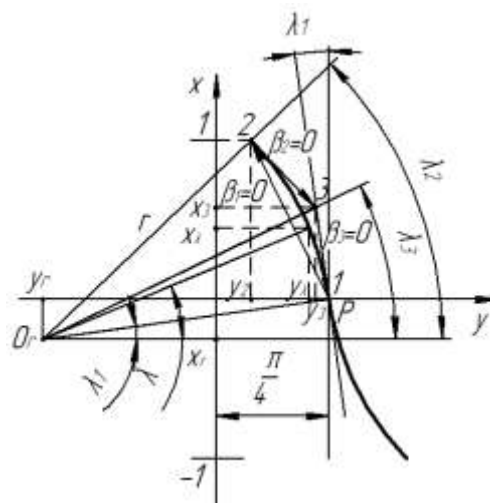


Рис. 4. Политканевые преобразования

На рис. 4. приведен исходный контур в политканевой системе координат. Уравнение кривой в параметрическом виде [9]:

$$\begin{cases} x_k = f_1 \approx \frac{D_y \cdot \bar{G}_y - D_x \cdot \bar{G}_x}{D_x \cdot \bar{G}_y - D_y \cdot \bar{G}_x} \\ y_k = f_2 \approx \frac{D_x \cdot \bar{G}_x - D_y \cdot \bar{G}_x}{D_x \cdot \bar{G}_y - D_y \cdot \bar{G}_x} \end{cases}$$

где

$$D_x \approx K_{x31} \cdot \beta_1 \cdot A_3 - \beta_3 \cdot A_1 + K_{x32} \cdot \beta_2 \cdot A_3 - \beta_3 \cdot A_2$$

$$K_{x31} = \frac{A_3}{\beta_3 \cdot \beta_1} - \frac{A_1}{\beta_1^2}; \quad K_{x32} = \frac{A_3}{\beta_3 \cdot \beta_2} - \frac{A_2}{\beta_2^2}$$

Прообраз кривой представлен в виде дуги окружности с центром в точке O_r . Управляя центром дуги можно изменять форму прообраза. Форма образа кривой зависит от взаимного расположения политканевых осей координат. Изменяя положение узловых точек, которые находятся на пересечении осей координат, можно управлять формой кривой. На основании теории политканей была разработана компьютерная программа, которая позволяет управлять с помощью курсора на экране компьютера как центром дуги окружности, описывающей прообраз, так и узловыми точками трехканевой системы координат. Примеры управления кривой с помощью политканевых преобразований приведены на рис. 5.

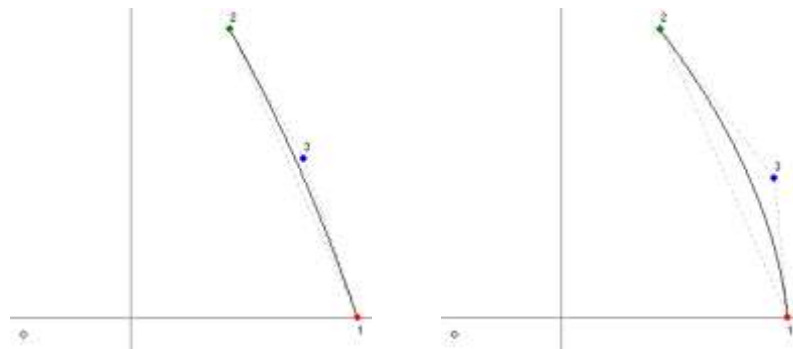


Рис.5. Управление кривой с помощью перемещения узловой точки

В приведенных аппаратах управления формой кривой в параметрические уравнения, описывающие кривую, добавляются координаты управляющих точек. Соответственно, координаты этих точек учитываются во всех формулах, описывающих геометро-кинематические показатели синтезируемой передачи. Поэтому, если вывести графики показателей на экран, то одновременно можно управлять и геометро-кинематическими показателями.

Выводы. Предложенная методика интерактивного управляемого синтеза позволяет в процессе компьютерного конструирования выбирать такую производящую поверхность, которая позволит изготовить зубчатую передачу с наиболее благоприятными для данных условий геометро-кинематическими показателями.

Список литературы. 1. Вулгаков С.Б. Общий случай синтеза эвольвентного зацепления // Исследования механических передач приводов агрегатов: Труды Рижского института гражданской авиации. – 1970. – Вып. 148. – С.55–68. 2. Ленский М.Ф. Синтез зубчатых и кулачковых механизмов по качественным показателям: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Л., 1968. – 20с. 3. Прохоров В.П. Элементы качественного синтеза зацеплений с параллельным расположением осей: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – М., 1975. – 25с. 4. Шишов В.П., Ткач П.Н., Ревякина О.А., Муховатый А.А. Синтез цилиндрических зубчатых передач с высокой нагрузочной способностью // Вісник Східноукр. нац. ун-ту ім. В.Даля. – №10 (56). – Луганск: Изд-во ВНУ ім. В.Даля. – 2002. – С. 247–54. 5. Способ обработки бочкообразных зубьев. Воронцов Б.С. Патент №25541А Заял. 05.05.97. Опубл. Бюл. №6 от 25.12.98. 6. Ткач П.М. Синтез високо навантажених циліндричних передач із двоопукло-увігнутими зубцями за геометро-кінематичними критеріями: Автореф. дис...канд. техн. наук. – Луганськ, 2004. – 25 с. 7. *Livin, F.L. Gear Geometry and Applied Theory.* Prentice hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994, 724 с. 8. Коростелев Л.В. Кинематические показатели несущей способности пространственных зацеплений // Изв. вузов. Машиностроение, 1964. - №10. – С.5-15. 9. Дорошенко Ю.О., Боcharова І.А., Воронцов Б.С. Політканинні перетворення у конструюванні профілю вихідного контуру зуборізного інструменту // Геометричне та комп'ютерне моделювання. Вип. 11. – Харків: ХДУХТ, 2005. – С. 68-74.

Поступила в редакцию 10.06.2005