

Н.Н. ТКАЧУК

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

В статті сформульована та розв'язана задача створення структури спеціалізованої системи автоматизованого моделювання робочих поверхонь двохпараметричних передач. Наведено приклади згенерованих поверхонь зубчастих коліс.

Problem of gear teeth surfaces automated design system's structure was defined and solved. Examples of generated gear teeth surfaces are given.

1. Постановка задачи. Двухпараметрические зацепления служат основой для создания передач с регулируемым относительным положением осей зубчатых колес в пространстве. Первым кинематическим параметром таких передач является взаимосвязанное вращение шестерни и колеса, а вторым - изменение относительного положения осей колес в пространстве. Эти параметры являются независимыми.

Численное решение задачи формирования рабочих поверхностей зубьев двухпараметрической передачи изложено в статье [1]. Поскольку на практике возникает потребность в многократном решении задачи генерирования формы рабочих поверхностей для различных типов зацепления, а сама задача достаточно сложная, то возникает актуальная проблема автоматизации данного процесса.

В статье предложена методика построения автоматизированной системы для моделирования геометрии рабочих поверхностей зубьев двухпараметрических передач произвольного типа.

2. Математическое моделирование двухпараметрического зацепления. Рассмотрим взаимодействие звеньев двухпараметрического зацепления [1,2]. Звенья 1 и 2 вращаются вокруг произвольно ориентированных в пространстве осей с передаточным отношением

$$i = d\varphi_2/d\varphi_1 = z_1/z_2 = const,$$

где $\varphi_1, \varphi_2, z_1, z_2$ - углы поворота и количество зубьев звеньев 1 и 2 соответственно.

Кроме того, звено 2 движется относительно звена 1 по некоторому закону, определяемому параметром u . Параметры u и φ между собой не связаны.

Радиус-векторы точек $\mathbf{r}_k = \langle x_k, y_k, z_k \rangle$ в различных системах координат связаны следующими соотношениями:

$$\mathbf{r}_i = \mathbf{M}_{ij} \mathbf{r}_j; \quad \mathbf{r}_j = \mathbf{M}_{ji} \mathbf{r}_i, \quad (1)$$

где \mathbf{M}_{ij} - матрица перехода от системы координат $S_j(x_j, y_j, z_j)$ к системе координат $S_i(x_i, y_i, z_i)$; \mathbf{M}_{ji} - матрица обратного перехода; \mathbf{r}_j и \mathbf{r}_i - столбцевые матрицы радиус-векторов одной и той же точки в системах координат S_j и S_i .

Тогда относительное движение звеньев записывается соотношениями:

$$\mathbf{r}_2 = \mathbf{M}_{21} \mathbf{r}_1, \quad (2)$$

$$\mathbf{M}_{21} = \mathbf{M}_{22*} \cdot \mathbf{M}_{2*1*} \cdot \mathbf{M}_{1*1}. \quad (3)$$

Здесь матрица $\mathbf{M}_{2*1*} = \mathbf{M}_{2*1}$ описывает относительное движение звеньев, задаваемое параметром u ; матрицы $\mathbf{M}_{22*} = \mathbf{M}_{2*2}$, $\mathbf{M}_{1*1} = \mathbf{M}_{1*1}$ описывают повороты звеньев 1, 2 вокруг своих осей вращения.

Приведенные выше уравнения позволяют объединить отдельные виды движения каждого звена в одно сложное, при этом четко выделяя перемещения, описываемые параметрами φ_1 и $\varphi_2 = \varphi_2 \langle \varphi_1 \rangle$, а также относительное движение, описываемое параметром u .

В дальнейшем, записывая уравнение поверхности второго звена в параметрической форме (параметры α и θ):

$$\mathbf{r}_2 = \mathbf{r}_2 \langle \alpha, \theta \rangle, \quad (4)$$

условия нахождения вектора скорости относительного движения звеньев в плоскости, касательной к поверхности \vec{r}_2 в точке сопряжения, получаем в виде:

$$\frac{\partial \mathbf{r}_2}{\partial \varphi_1} \cdot \left(\frac{\partial \mathbf{r}_2}{\partial \alpha} \times \frac{\partial \mathbf{r}_2}{\partial \theta} \right) = 0, \quad \frac{\partial \mathbf{r}_2}{\partial u} \cdot \left(\frac{\partial \mathbf{r}_2}{\partial \alpha} \times \frac{\partial \mathbf{r}_2}{\partial \theta} \right) = 0. \quad (5)$$

Таким образом, уравнения (1-3) описывают тип зацепления в двухпараметрической передаче, а уравнение (4) - конкретное задание боковой поверхности зубьев одного из колес. В соответствии с предложенным в статьях [7,8] обобщенным параметрическим подходом, именно эти факторы можно принять в качестве обобщенных параметров p_i , образующих обобщенное параметрическое пространство проектируемой геометрии зубов V . Произвольная точка данного параметрического пространства P задает все множество исходных данных, на основе которых воссоздается форма боковой поверхности элементов передачи. При этом генерация боковой поверхности зуба, сопрягаемого с заданными, производится на основе численного решения системы нелинейных уравнений [1-6].

3. Предлагаемая структура системы автоматизированного моделирования формы зубьев двухпараметрической передачи

Поскольку сама задача моделирования геометрии рабочих поверхностей зубьев состоит из этапов задания исходной информации и численного решения задачи описания формы контактирующих поверхностей, то при автоматизации данного процесса необходимо предусмотреть соответствующие модули. Поскольку в настоящее время практически все операции с геометрической информацией в машиностроении производятся в среде САД-систем, то соответственно требуется разработка модуля трансляции получаемой информации в САПР высокого уровня. В дополнение к этому необходимо предусмотреть модуль передачи данных в САЕ-систему для моделирования в последующем напряженно-деформированного состояния сопряженных зубьев.

В результате предлагаемая структура специализированной САПР "2P-form" приобретает вид, представленный на рис. 1.



Рис. 1. Структура системы автоматизированного моделирования формы рабочих поверхностей зубьев двухпараметрических передач

4. Результаты моделирования

В качестве САД-систем в создающейся специализированной САПР предлагается использование Pro/ENGINEER, SolidWorks, Inventor, а также геометрических препроцессоров САЕ-систем. В качестве исследовательских САЕ-систем предлагаются ANSYS, MSC.Nastran, COSMOS/M. Кроме того, поскольку на конечном этапе исследований геометрии двухпараметрической передачи в распоряжении проектанта будут находиться все необходимые для изготовления данные, то автоматизированную подготовку управляющих программ можно осуществить в САМ-системе, например, в спецмодулях Pro/ENGINEER.

Рассмотрим взаимодействие звеньев двухпараметрического зацепления, звеньями которого являются цилиндрическое и коническое колеса. Ор

иентация цилиндрического колеса следующая: его ось остается параллельной касательной к линии криволинейного зуба на коническом колесе в ближайшей точке на образующей конического колеса. Звено 2 (цилиндрическое колесо) движется относительно звена 1, совершая, кроме обкаточного, движение вдоль образующей конуса (определяемое параметром u - величина смещения относительно нижнего основания). Параметры u и ϕ независимы.

Используя численную методика для моделирования поверхностей цилиндрично-конического зацепления, можно получить "чешуйчатую" модель соприкасаемых поверхностей. На рис. 2 представлены модели поверхностей зубьев цилиндрического и конического колес.

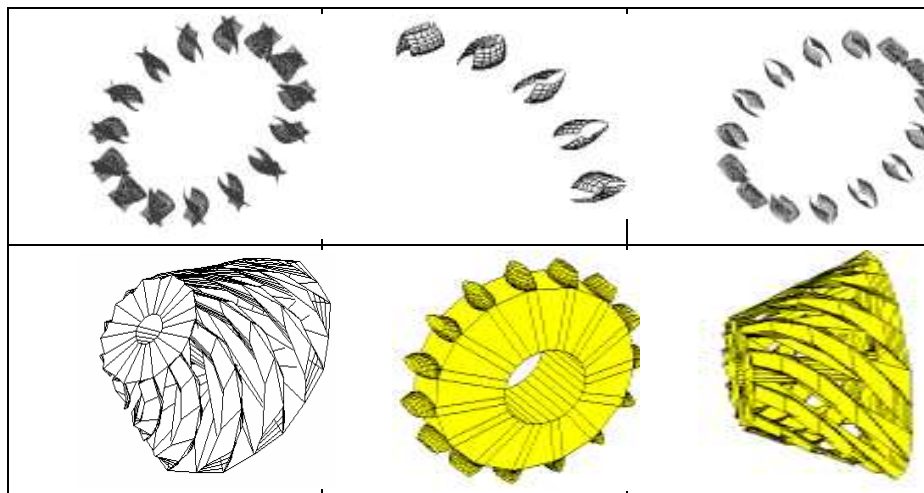


Рис.2. Модели рабочих поверхностей зубьев двухпараметрического цилиндрико-конического зацепления

Задаваемая форма зуба цилиндрического колеса получается вращением эвольвенты. Соответствующие точки на коническом колесе образуют топологически регулярную сетку неравномерной густоты.

В результате решения задачи искомые поверхности представлены в виде систем сопряженных точек, в которых выполнены условия сопряжения при взаимном движении колес в зацеплении.

5. Выводы

Предложенная структура специализированной САПР для моделирования формы рабочих поверхностей зубьев двухпараметрических передач позволяет решать весь комплекс задач, возникающих при их проектировании. Она обладает свойствами открытости, гибкости, перенастраиваемости и универсальности. Продемонстрирована на конкретном примере работоспособность создаваемой специализированной САПР.

В дальнейшем необходимо решить следующие задачи:

- сформировать полноценные модули трансляции данных о геометрии в CAD/CAE/CAM-системы;
- опробовать в полнофункциональном режиме взаимодействие модулей создаваемой специализированной САПР;
- провести анализ полученных моделей поверхностей зубьев, сформированных в системах высокого уровня.

Список литературы: 1. Ткачук Н.Н., Ткачук Н.А. Численное моделирование рабочих поверхностей двухпараметрических передач// Вестник НТУ «ХПИ». Тематический сборник «Автомобиле- и тракторостроение». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2004. - №24.- С. 93-98. 2. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений. - М.: Наука. - 1968. - 584 с. 3. Устиненко А.В., Ткачук Н.А. Применение кинематического метода для нахождения сопряженных поверхностей зубьев двухпараметрических передач// Механіка та машинобудування. – 1998. - №1. – С. 27-31. 4. Трауб Дж. Итерационные методы решения уравнений. - М.: Мир. - 1985. - 264 с. 5. Малькольм М., Форсайт Дж., Моулер С. Машинные методы математических вычислений. - М.: Мир. - 1980. - 289 с. 6. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. - М.: Мир. - 1975. - 534 с. 7. Ткачук Н.А. Комплексное экспериментальное определение параметров численных моделей элементов механических систем // Механіка та машинобудування. – 2001. – №1,2. – с.65-69. 8. Веретельник Ю.В., Миргородский Ю.Я., Пелешко Е.В., Ткачук Н.А. Параметрические модели элементов сложных систем как основа построения специализированных расчетных систем// Механіка та машинобудування. – 2003. – № 1.– Том 2.– С.3–8.

Поступила в редколлегию 20.03.05