

Подставляя (1) в (4) и (5), получим поверхности зубьев гиперболического колеса для передачи, для которой профилем зубьев цилиндрических зубчатых колес можно управлять на экране монитора путем захвата курсором мышки и перемещения управляющих точек  $P_1, P_2, P_3$ , визуально отслеживая полученные результаты синтеза.

**Выводы.** В работе получены математические зависимости, включающие управляющие элементы, которые позволяют осуществлять интерактивный компьютерный синтез гиперболических зубчатых передач второго рода, состоящих из цилиндрических и гиперболических колес, имеющих сопряженные поверхности с линейным контактом, когда производящая поверхность совпадает с главной поверхностью зубьев цилиндрического колеса, с динамической визуализацией результатов работы.

Полученные результаты работы могут быть использованы при решении научно-технических задач и проблем визуального динамического синтеза и анализа перспективных малоизученных зубчатых передач пространственного зацепления.

**Список литературы.** 1. *Грибанов В.М.* Теорія гіперболічних зубчастих передач. Монографія. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В.Далія. – 2003. – 272 с. 2. *Кириченко І.О.* Створення гіперболічних передач з лінійним контактом зубців на базі спеціальних ріжучих інструментів: Автореф. дис. ... докт. техн. Наук, - Луганськ, 2004. – 36 с. 3. *Голубенко А.Л., Вітренко В.А., Кириченко І.А., Досталь А.Е.* Циліндро-гіперболічні передачі, складені з циліндричних і гіперболічних зубчастих колес // Вісник Східноукраїнського національного університету. – 2000. -№11 (33). – С.14-14. 4. *David B. Dooner.* Current Design and Manufacture of Generalized Hyperboloidal Gear Pairs // Intern. Conf. On Motion and Power Transmission MPT, 2001 – Fukuoka, Japan, November 15-17, 2001. 5. *Подкорытов А.Н.* Теоретические основы автоматизированных методов геометрического моделирования сопряженных криволинейных поверхностей, исключаящих интерференцию. Автореф. дисс. ... докт. техн. наук, - М., 1989. - 31с. 6. 3D – моделирование инструментов, формообразования и съема припуска при обработке резанием / *А.И. Грабченко, Е.Б. Кондусова, А.В. Кривошея, Н.С. Равская, П.Р. Родин.* – Харьков: НТУ «ХПИ», 2001. – 304 с. 7. *Грибанов В.М., Клипаков Н.В., Досталь А.Е.* Компьютерное моделирование зубчатых гиперболических и цилиндрических передач Новикова // Вісник Східноукраїнського національного університету. – 2001. -№2 (36). – С.213-217. 8. *Воронцов Б.С.* Интерактивное управление синтезом зубчатых передач. // Вісник Національного Технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць тематичний випуск «Проблеми механічного приводу». Харків: НТУ «ХПІ». – 2005, №40. – С.182-187.

Поступила в редакцию 26.04.2006

УДК 515.2:621.83

**И.А.БОЧАРОВА**

## **АНАЛИЗ И УЛУЧШЕНИЕ ГЕОМЕТРО-КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ**

У роботі виконаний аналіз існуючих вихідних контурів твердих поверхонь зубчастих передач. За

допомогою керуючих елементів змінити геометрію й підвищити контактну міцність зубців циліндричних передач.

The analysis of existing original contours of forming surfaces of teeth gears has been performed. Geometry has been changed with the help of elements of control and contact strength of cylindrical gears teeth has been inversed.

**Постановка проблеми.** Создание новых зубчатых передач, обладающих улучшенными эксплуатационными свойствами, является актуальной задачей.

**Анализ основных исследований и публикаций.** Вопросам синтеза зубчатых передач посвящено большое количество работ. Следует отметить работы [1,2,3], опубликованные в последнее время. Они направлены на поиск исходного контура производящей поверхности реечного типа, обеспечивающего получение зубчатых передач с улучшенными эксплуатационными свойствами.

Используемые в работах [4,5] методы синтеза передач по заданным показателям работоспособности основываются 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[7,8].

**Формулировка цели статьи (постановка задачи).** В рассмотренных работах не использовались возможности корректировки исходного контура производящей поверхности из условия улучшения геометро-кинематических показателей синтезируемых передач с использованием компьютерной техники прямо на экране монитора. Целью работы является отработка возможностей аппарата управления синтезом [6] и разработанной на его основе программы на примере существующих исходных контуров производящих поверхностей реечного типа, синтезированных в последнее время. В качестве сравнительного критерия выбрана относительная приведенная кривизна синтезируемых передач, отражающая размеры мгновенной площадки контакта зубчатых колес и, тем самым, контактные напряжения в зоне контакта.

**Основная часть.** В работе [3] получены новые исходные контуры производящей поверхности реечного типа СНУ-1Д, СНУ-3,9Д и СНУ-4,4Д, которые были существенно улучшены по сравнению с существующими эвольвентными передачами.

Чтобы проиллюстрировать возможности программы «Синтез» был проведен сравнительный анализ геометрии исходных контуров для следующей передачи:  $z_1=18$  – число зубьев шестерни;  $z_2=90$  – число зубьев колеса;  $u=5$  – передаточное число;  $m=1$  – модуль зацепления.

Передача, полученная на основании исходного контура СНУ - 1Д на вершине зубьев шестерни имеет относительную приведенную кривизну на

28% меньше, чем у аналогичной эвольвентой передачи, и в 4 раза меньше на вершине зубьев колеса. В районе полюса зацепления относительные приведенные кривизны сравниваемых передач имели одинаковые значения.

В таблице приведены координаты исходного контура СНУ - 1Д и координаты кривой Безье третьего порядка, аппроксимирующей этот контур.

Как видно из таблицы, максимальная погрешность не превышает 0,0005 мм.

Кривая Безье третьего порядка с координатами управляющих точек  $x_1, y_1; x_2, y_2$  взята в качестве прообраза. Изменяя на экране монитора положение точки 1 ( $x_1 = 0,2219, y_1 = 0,0740$ ), получаем относительную приведенную кривизну на вершине зуба колеса меньше в 3 раза, чем у прообраза (рис.1).



Рис.1. Относительная приведенная кривизна исходного контура СНУ - 1Д и новой передачи

Для проведения сравнительного анализа следующего профиля рассмотрим передачу СНУ-3,9Д, которая имеет характеристики:  $z_1=18$  – число зубьев шестерни;  $z_2=18$  – число зубьев колеса;  $u=1$  – передаточное число;  $m=1$  – модуль зацепления.

Передача, полученная на основании исходного контура СНУ-3,9Д на вершине зубьев шестерни имеет относительную приведенную кривизну в 2,7 раз меньше, чем у аналогичной эвольвентой передачи, и в 19 раз меньше на вершине зубьев колеса. В районе полюса зацепления относительные приведенные кривизны сравниваемых передач имели одинаковые значения.

Аналогично таблице, приведенной для первого исходного контура, был выполнен сравнительный анализ координат исходного контура СНУ-3,9Д и координат кривой Безье третьего порядка, аппроксимирующей этот контур. Максимальная погрешность не превышает 0,0008 мм.

СНУ-1Д		Кривая Безье		Погрешность
		Координаты управляющих точек $x_1=0,4355, y_1=0,1613$ $x_2=0,5340, y_2=0,1995$		
$f_1$	$f_2$	$f_1$	$f_2$	$ \Delta $
1	0,3940	1	0,3940	0
0,9	0,3518	0,9	0,3523	0,0005
0,8	0,3103	0,8	0,3108	0,0005
0,7	0,2694	0,7	0,2696	0,0002
0,6	0,2291	0,6	0,2290	0,0001
0,5	0,1894	0,5	0,1891	0,0003
0,4	0,1503	0,4	0,1501	0,0002
0,3	0,1119	0,3	0,1119	0
0,2	0,0740	0,2	0,0743	0,0003
0,1	0,0367	0,1	0,0371	0,0004
0	0	0	0	0
-0,1	-0,0367	-0,1	-0,0371	0,0004
-0,2	-0,0740	-0,2	-0,0743	0,0003
-0,3	-0,1119	-0,3	-0,1119	0
-0,4	-0,1503	-0,4	-0,1501	0,0002
-0,5	-0,1894	-0,5	-0,1891	0,0003
-0,6	-0,2291	-0,6	-0,2290	0,0001
-0,7	-0,2694	-0,7	-0,2696	0,0002
-0,8	-0,3103	-0,8	-0,3108	0,0005
-0,9	-0,3518	-0,9	-0,3523	0,0005
-1	-0,3940	-1	-0,3940	0

Кривая Безье третьего порядка с координатами управляющих точек  $x_1=0,2724, y_1=0,0988, x_2=0,5973, y_2=0,2411$  взята в качестве прообраза. При изменении положения точки 1 ( $x_1= 0,2331, y_1= 0,1067$ ) и положения точки 2 ( $x_2= 0,6292, y_2= 0,2837$ ) относительная приведенная кривизна в полюсе зацепления уменьшилась на 16% (рис.2).

Для проведения сравнительного анализа следующего профиля рассмотрим передачу СНУ-4,4Д, которая имеет характеристики:  $z_1=;$   $z_2=90;$   $u=3; m=1.$

Передача, полученная на основании исходного контура СНУ-4,4Д на вершине зубьев шестерни имеет относительную приведенную кривизну в 3,1 раз меньше, чем у аналогичной эвольвентой передачи, и в 22 раза меньше на вершине зубьев колеса. В районе полюса зацепления - на 10% меньше.



Рис.2. Относительная приведенная кривизна исходного контура СЧУ-3,9Д и новой передачи



Рис.3. Относительная приведенная кривизна исходного контура СЧУ-4,4Д и новой передачи

Аналогично таблице, приведенной для первого исходного контура, был выполнен сравнительный анализ координат исходного контура СЧУ-4,4Д и координат кривой Безье третьего порядка, аппроксимирующей этот контур. Максимальная погрешность не превышает 0,0005 мм.

Кривая Безье третьего порядка с координатами управляющих точек  $x_1=0,3507$ ,  $y_1=0,1441$ ,  $x_2=0,6648$ ,  $y_2=0,3147$  взята в качестве прообраза. При изменении положения точки 1 ( $x_1= 0,3340$ ,  $y_1= 0,1527$ ) и положения точки 2

( $x_2= 0,6884$ ,  $y_2= 0,3157$ ) относительная приведенная кривизна в полюсе зацепления уменьшилась на 8% (рис.3) и на 60% уменьшилась на ножке зуба.

**Выводы.** В результате работы были рассмотрены существующие исходные контуры производящих поверхностей реечного типа синтезированных передач и проведен сравнительный анализ. Изменяя координаты управляющих точек кривой Безье третьего порядка удалось добиться уменьшения приведенной кривизны синтезируемых передач, а следовательно, повысить контактную прочность зубьев. Результаты работы можно использовать для создания новых зубчатых передач, обладающих улучшенными показателями работоспособности и проектирования зуборезного инструмента.

**Список литературы.** 1. Павлов А.И. Современная теория зубчатых зацеплений. – Харьков: ХНАДУ, 2005. – 100 с. 2. Шишов В.П. Теория, математическое обеспечение и реализация синтеза высоко нагруженных передач зацеплением для промышленного транспорта: Дис. ... докт. техн. наук. – Луганск, 1994. – 525 с. 3. Ткач П.М. Синтез высоконавантажених циліндричних передач із двоопукло-ввігнутими зубцями за геометро-кінематичними критеріями: Дис. ... канд. техн. наук. – Луганськ, 2004. – 255 с. 4. Шишов В.П., Носко П.Л., Ткач П.М., Філь П.В. Високонавантажені циліндричні передачі з двоопукло-ввігнутими зубцями: Монографія. - Луганськ: Вид-во СНУ ім.В.Даля, 2005. – 216 с. 5. 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 им. В.Даля. – 2002. – С. 247–54. 6. Бочарова И.А. Интерактивное управление геометрией зубьев зубчатых колес // Системні технології. Регіональний збірник наукових праць. –Випуск 2 (43). – Дніпропетровськ, 2006. – С.41-47. 7. Litvin, 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.

Поступила в редакцию 26.04.2006

**УДК 515.2:621.83**

***Т.Н. ЧАПЛИНСКАЯ***

## **ГЕОМЕТРО-КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРЕДАЧ С УПРАВЛЯЕМОЙ ЛИНИЕЙ ЗУБЬЕВ**

У роботі отримано аналітичні залежності і розроблено методіку керування поздовжньою лінією зубців твірної поверхні рейкового типу. Методика дозволяє аналізувати геометро-кінематичні показники під час синтезу циліндричних передач.

Analytical dependences have been obtained and methodology of longitudinal line of teeth of rack type forming surfaces control has been developed. Methodology allows to analyze geometro-kinematic indices in the process of cylindrical gears synthesis.

**Постановка проблеми.** Современные компьютерные технологии значительно расширяют возможности процесса создания новой продукции, в том числе зубчатых передач. В последнее время большое внимание уделяется