

УДК 621.833+ 515.2

А.Ф. КИРИЧЕНКО, *д.т.н.*, **Н.В. МАТЮШЕНКО**, *к.т.н.*,

А.В. ЗИНЧЕНКО, *асп.*

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЕОМЕТРИИ ЗУБЬЕВ ПЕРЕДАЧ НОВИКОВА ДЛЗ С АРОЧНОЙ ФОРМОЙ ЗУБА, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ОБКАТКИ.

The arc-based tooth of cylindrical Novikov gears with two actions lines is under consideration. The questions of form accounting in circle-arc tooth cutting process by means of spread blade method are discussed.

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с научным заданием.

Зубчатые передачи Новикова получили широкое распространение в виду того, что их геометрия позволяет существенно поднять контактную прочность при прочих равных условиях. Однако, не смотря на это, передачи Новикова имеют существенные недостатки. Главный из них заключается в том, что эти передачи не обкатные, следовательно, их зубья обязательно должны располагаться под определенным углом к образующей, отличным от 0 и 90 градусов. Наличие этого угла автоматически приводит к осевой составляющей нагрузки в контакте.

В эвольвентных передачах ранее этот недостаток устраняли за счет применения шевронных колес. В настоящее время появились новые зубчатые передачи, сочетающие в себе признаки шевронных и обычных. Это достигается за счет того, что форма зуба по длине изменяется и образует кривой зуб, типа арки, что позволяет более эффективно использовать зацепление Новикова.

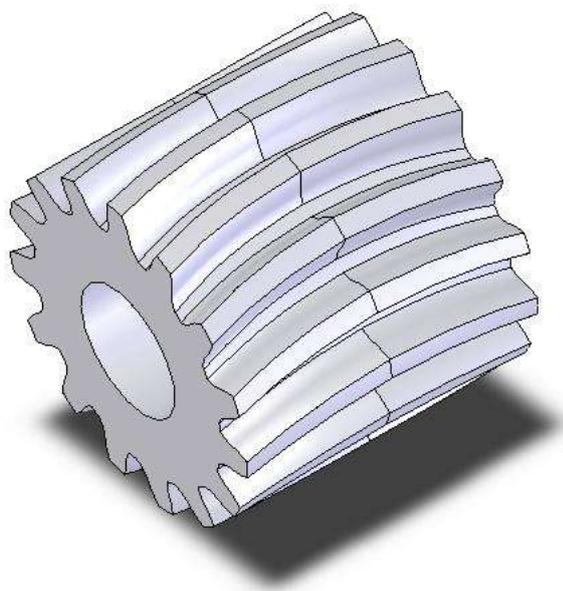


Рис. 1 Зубчатое колесо с арочной формой зуба

Выделение нерешенных ранее частей проблемы.

К настоящему времени известно более ста исходных контуров (ИК). Для передач ДЛЗ спроектированы две группы ИК, отличающихся формой и параметрами. Однако, несмотря на многочисленные исследования, проведенные с целью определения их оптимальных параметров, рекомендации, имеющиеся в литературе весьма противоречивы. Главенствующую роль при выборе параметров ИК, очевидно, играет адекватность математической модели зубонарезания и реальному процессу изготовления. Несмотря на ряд имеющихся методик, до настоящего времени учет влияния обкатки рассматривался на упрощенных моделях.

Цели статьи (постановка задачи).

Целью настоящей работы является аналитическое исследование огибания зуба кривыми с исходного контура и построение математической модели, которая реализованная средствами пакета Maple 5.

Исследование проблемы и его обоснование.

Нарезание зубьев арочной формы рис.1 производится с помощью резцовых головок радиуса R_d и поэтому шаг зацепления в осевом направлении носит переменный, круговинтовой характер. Конфигурация зуба по высоте в определенной мере формируется исходным контуром инструментальной рейки в обкаточном движении.

Такое положение, на наш взгляд, не должно вызывать удивления, поскольку М.Л. Новиков отмечал, что созданное им зацепление дает возможность осуществлять конструкторский подход при проектировании передачи.

Для передач Новикова ДЛЗ существуют две группы исходных контуров. К первой группе относят ИК у которых активные дуговые участки головки и ножки зуба соединены прямолинейным переходным участком. Считаются наиболее удачными, обнаружившими высокие прочностные качества в процессе промышленных испытаний, контуры ГОСТ 15023-76, Урал-2Н, ЮТЗ-65 и другие. Друг от друга они отличаются высотой зуба, углом давления, радиусами активных участков, смещением центров дуг. Промышленная эксплуатация передач Новикова ДЛЗ изготовленных в соответствии с использованием ИК первой группы показала, что принципиальным их

В силу изложенного, в ИК второй группы околополноосная зона выведена из работы благодаря введению переходного вогнутого участка, образованного в результате некоторого сдвига активных профилей головки и ножки относительно оси симметрии. Наиболее употребительными из этой группы явились ИК ДОН-70, ДЛЗ-0.7-0.15, РГУ-5, и т.д.

Пусть xOy - неподвижная система координат, связанная с делительной окружностью радиуса R , а XO_1Y - подвижная система координат, связанная с начальной прямой. Тогда каждому углу обката μ соответствует свое положение начальной прямой, следовательно однозначно определяется положение мгновенной точки контакта в станочном зацеплении (рис.2.).

С положениями центров дуг окружностей ИК связывается полярная система координат $(r; \alpha)$, полярная ось m которой параллельна оси O_1X . При этом устанавливается диапазон изменения угла α . Так как угол α , взаимосвязан с углом обката μ , то, таким образом, считаем диапазон изменения μ известным [1]. Кроме этого, как показано в [1], аналитически описывая участки исходного контура и используя формулы перехода от системы координат XO_1Y к xOy , получим уравнение однопараметрического семейства $F(x, y, \mu)$ мгновенных положений исходного контура. Решение системы (1) согласно [3] относительно μ , представляет собой уравнение огибающей и дискриминантной кривой.

$$\begin{cases} F(x, y, \mu) = 0 \\ F_{\mu}(x, y, \mu) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

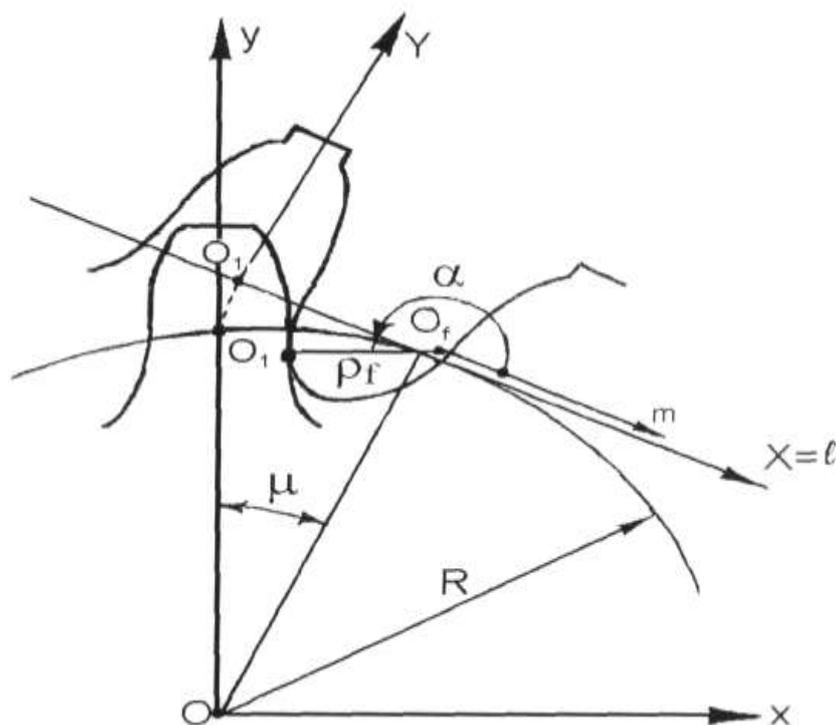


Рис. 2. Моделирование формообразования зуба колеса (ножки).

Исследования Залгаллера В.А. дополняется исследованием Толстого Г. П. [2], что позволяет выявить необходимые и достаточные условия существования огибающей, дифференциальных особенностей огибающей и степени гладкости огибающей.

По уравнению огибающей определены границы участков зуба колеса, соответствующие пределам изменения угла μ .

Сопряжение участков кривых, из которых составлен ИК первого типа, является гладким. При обкатке точкам сопряжения на ИК соответствуют точки на зубе колеса. По системе (1), не решая ее, согласно [2, 3], определяем уравнения полукасательных, параметры которых - параметры исходного контура и радиус R делительной окружности. Рассмотрев несколько наиболее распространенных ИК первого типа получили, что полукасательные дополняют друг друга до единой касательной только для числа зубьев $z > 14$ и только для параметров исходного контура ГОСТ 15023-76. Для остальных же, вне зависимости от числа зубьев, в точках сопряжения отсутствует гладкость класса C^1 .

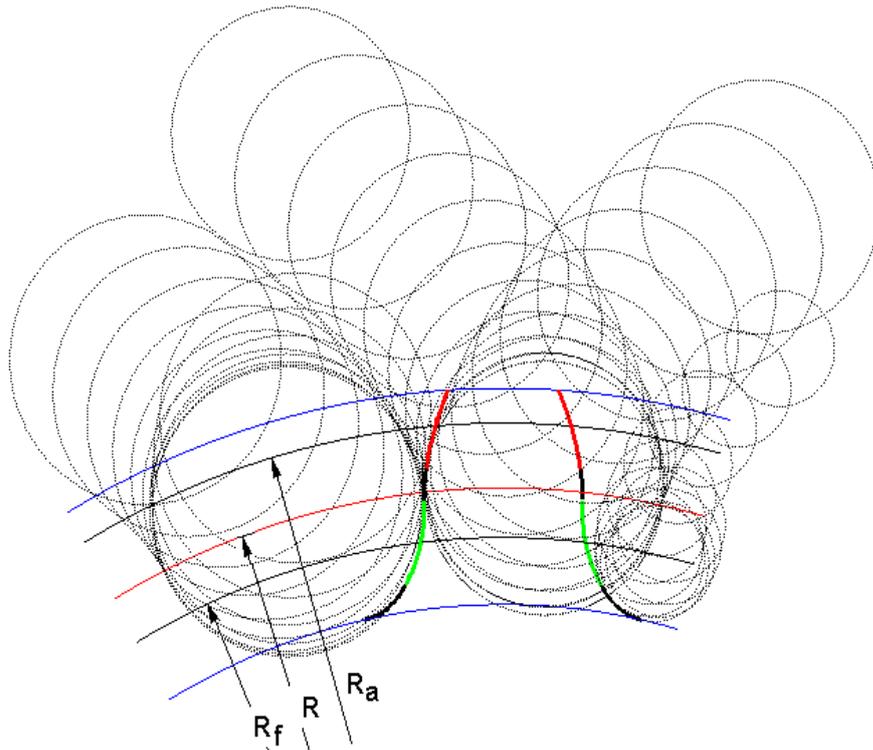


Рис.3 Процесс формообразования срединного профиля зуба колеса, который получен при использовании ИК первой группы.

В исходных контурах второй группы изначально дуги кривых не всегда гладко класса C^1 сопряжены между собой. Поэтому предполагать гладкое сопряжение класса C^1 соответствующих участков на зубе колеса не приходится. Более этого, точки сопряжения на ИК не всегда являются точками сопряжения на зубе колеса. Покажем это. Рассмотрим точку K_{12} сопряжения кривых 1-1 и 2-2 на ИК. Кривая 1-1 формирует соответствующий участок 1'-1' срединного профиля зуба колеса. Так как точка K_{12} принадлежит 1-1, то ей соответствует точка K'_1 на участке 1'-1' срединного профиля зуба. Рассуждая аналогично получим, что K'_2 принадлежит участку 2'-2' срединного профиля зуба. Координаты точек K'_1 и K'_2 не всегда одинаковы. Эта особенность появляется благодаря аналитически точному описанию огибающей, а не приближенному (дугами окружностей, эвольвентой, циклоидой и т.д.). Объясняется она тем, что центры дуг окружностей исходного контура движутся по эквидистантным эвольвентам, однако огибающие профилей 1-1 и 2-2 на ИК не эквидистантны в общем случае. Геометрически станочное зацепление на участке K'_1 - K'_2 срединного профиля зуба колеса отсутствует. Физически же станочное зацепление осуществляется на этом участке как результат влияния упругих деформаций материала зуба колеса. На рисунках 7, 8 проиллюстрирован данный тезис.

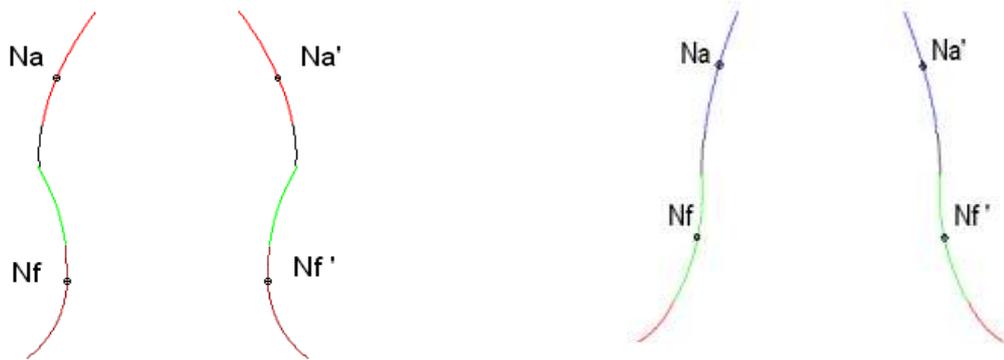


Рис.4 Срединный профиль зуба колеса, который получен при использовании исходного контура ГОСТ 15023-76 ($z=15, m=3.15$).

Рис.5 Срединный профиль зуба колеса, который получен при использовании исходного контура ГОСТ 15023-76 ($z=5, m=3.15$).

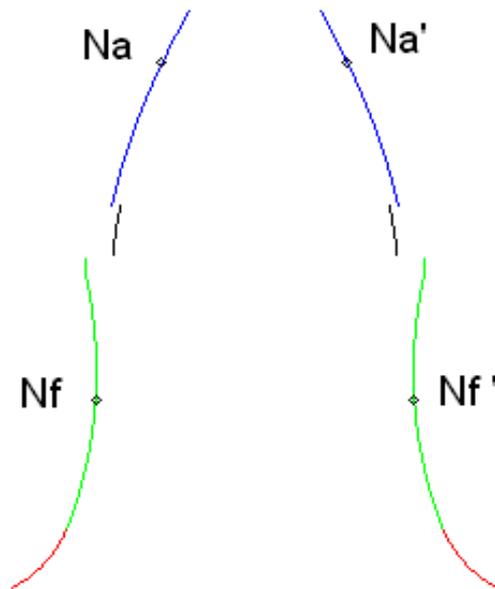


Рис.6 Срединный профиль зуба колеса, который получен при использовании исходного контура ЮТЗ-65($z=15, m=3$).

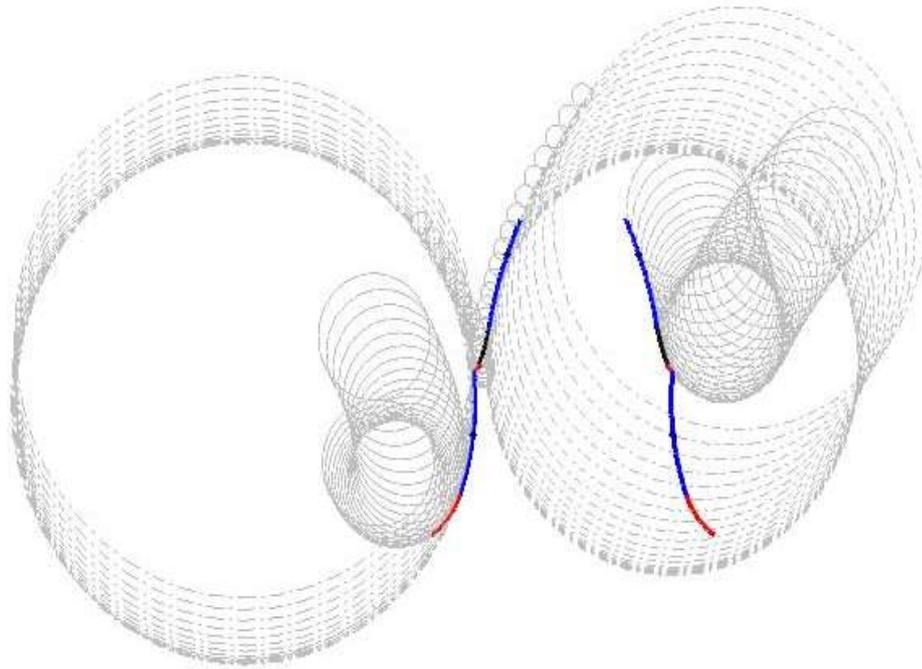


Рис.7 Однопараметрическое огибание и процесс формообразования срединного профиля зуба колеса, который получен при использовании ИК второй группы.

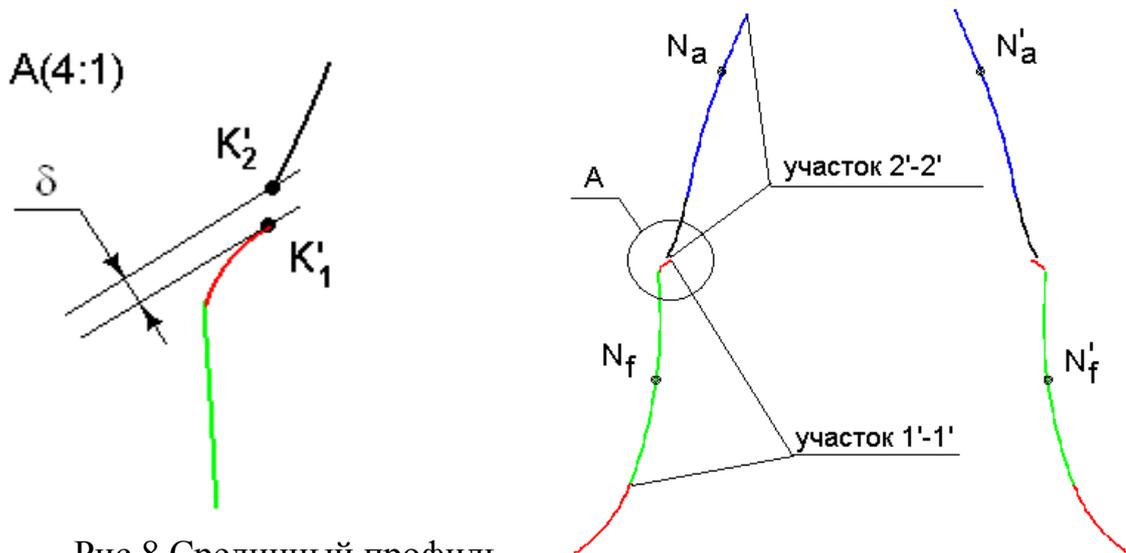


Рис.8 Срединный профиль зуба колеса, который получен при использовании ИК Дон-63.($z=15, m=4$).

Пусть $\delta = |K_1'K_2'|$ - длина участка $K_1'K_2'$. Рассмотрим $\delta = (ИК, z, m)$ - функция геометрических параметров ИК, числа зубьев z и модуля зацепления m . Существенное влияние на функцию δ выбор числа зубьев z и вида ИК

второго типа не оказывает. Функция δ является однородной функцией относительно модуля m .

Выводы и перспективы дальнейшего развития.

Как показали аналитические исследования, при $m \leq 18$ величина δ находится в пределах шероховатости поверхности (6-7 класс точности [4]), а при $m > 18$ величина δ может оказать существенное влияние на работу зубчатой передачи, а именно привести к резкому изменению условий нагружения в сторону ухудшения, к повышенной динамической возбудимости передачи, к повышенному шуму и как следствие к пониженной долговечности.

Опираясь на все вышеизложенное при $m > 18$ рекомендуется использовать уточненную методику определения радиуса переходного вогнутого участка на ИК, либо использование при зубонарезании ИК первого типа.

Представленное аналитическое исследование огибания зуба кривыми исходного контура было использовано при математическом моделировании трехмерной области зуба, что позволяет проводить расчеты связанные с оценкой напряженно деформированного состояния.

Список литературы: 1. *Кириченко А.Ф., Матюшенко Н.В.* Уравнение поверхности арочных зубьев цилиндрических передач Новикова ДЛЗ, нарезаемых резцовой головкой // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. Харьков, 1999, вып. №50.-С.118-127. 2. *Толстов П.П.* К отысканию огибающей семейства плоских кривых // УМН 7, 1952. №4.-С. 173-179. 3. *Залгаллер В.А.* Теория огибающих.-М: Наука, 1975.- 102с. 4. *Тайц Б.А.* и др. Производство зубчатых колес. Справочник.-М: Машиностроение, 1975.-728 с.