

УДК 62-233.3/9

В. С. Кузнецов, кандидат технических наук, Глазовский инженерно-экономический институт (филиал) Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова

А. С. Кузнецов, кандидат технических наук, Глазовский инженерно-экономический институт (филиал) Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова

Е. В. Могильников, кандидат технических наук, Глазовский инженерно-экономический институт (филиал) Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова

ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ПЛАНЕТАРНЫХ ПЕРЕДАЧ С ЛОКАЛИЗОВАННЫМ КОНТАКТОМ*

Рассматриваются особенности проектирования и производства зубчатых планетарных передач с локализованным контактом внешних и внутренних зубьев арочной формы.

Ключевые слова: планетарная передача, внутренние зубья, локализованный контакт, нарезание арочных зубьев, математическая модель.

Актуальная задача создания прогрессивной приводной техники является важной частью критических технологий, которые во многом определяют конкурентоспособность ключевых отраслей промышленности и направлений деятельности человека. Решение такой задачи должно опираться в том числе и на совершенствование существующих и создание новых конструктивных и технологических решений. В этой связи наряду с разработкой принципиально новых конструкций приводов проводятся исследования, направленные на повышение качественных показателей как новых, так и традиционных планетарных механизмов, разрабатываются новые технологические решения и оборудование, совершенствуются методы проектирования.

Одним из актуальных и эффективных решений в области прогрессивной приводной техники является локализация контакта в зацеплениях планетарных передач, которой можно добиться путем применения арочной формы зубьев колес. Доказано, что арочная форма зубьев позволяет существенно повысить нагрузочную способность передачи, снизить вибрации и шум при более равномерном распределении нагрузок в зацеплениях за счет локализации контакта и самоустановки колес [1].

Решение такой задачи сдерживается отсутствием эффективных способов формообразования внутренних арочных зубьев, оборудования для их осуществления, отсутствием методик расчета и проектирования.

В настоящее время на фоне развития автоматизированного оборудования с программным управлением, открываются новые возможности для производства колес с внутренними и внешними арочными зубьями. В частности, оказывается возможным эффективное использование существующих станков с программным управлением и создание принципиально новых конструкций автоматизированного оборудования для различных типов производства.

Среди существующих методов формообразования внешних арочных зубьев наиболее доступным и хорошо изученным является метод обката с периодическим делением, осуществляемый на широкоуниверсальных фрезерных станках с программным управлением инструментом с углом наклона профиля зуба близким к нулю. Доступность метода обусловлена возможностью использования стандартного оборудования и специальных режущих головок на основе стандартных резцов со сменными пластинами из твердого сплава. Однако невысокая изгибная прочность внутренних зубьев-перемычек, нарезанных таким способом [2], ограничивает применение таких колес в тяжелонагруженных планетарных приводах машин и механизмов.

Реализовать преимущества локализации контакта в планетарных приводах с внутренним зацеплением зубьев колес можно, если использовать метод обката с непрерывным делением, который может быть осуществлен «качающимся» долбяком на специальном зубодолбежном станке. Среди оборудования, позволяющего получать арочные зубья, наиболее близкой к решению данной задачи является конструкция, описанная в патенте № 2068322RU (1996). Однако конструкция таких станков не нашла применения из-за высокой сложности, низкой производительности, несовершенства системы управления, дорогостоящих гидравлических приводов и отсутствия исследования геометро-технологических связей, определяющих точность обработки.

Избавиться от указанных недостатков можно, если реализовать в конструкции решения, основанные на использовании современных сервоприводов, систем программного управления ими, создании математических моделей процесса формообразования для синтеза рациональных параметров и автоматизированной генерации управляющих программ [2, 3, 4].

Конструкция разрабатываемого действующего прототипа представлена на рис. 1. Движение обката

заготовки 3 (n_1) и долбняка 4 (n_2) обеспечивается централизованным управлением дискретными приводами поворотных столов 1, 2 и узлом привода главного движения 6 (n), определяющим частоту двойных качений $n_{дв.к.}$. Радиальная подача и «отскок» обеспечиваются приводом поперечной подачи (на рисунке не показан). Настройка радиуса качения осуществляется совместным перемещением привода продольной подачи 7 и привода 2 по направляющим пазам кулисы 5 относительно центра качения O_k .

Формообразование боковой поверхности арочно-го зуба осуществляется поворотом каждой точки станочного сопряжения N_i в плоскости среднего торцевого сечения А на определенный угол ψ_i , соответствующий амплитуде качения долбняка.

Угол поворота такой точки ψ_i зависит от величины ρ_i , ширины обода колеса b и определяется по зависимости

$$\psi_i = \arcsin\left(\frac{b}{2\rho_i}\right), \quad (1)$$

где b – ширина обода колеса с внутренними арочными зубьями, мм; ρ_i – мгновенный радиус образующей поверхности;

$$\rho_i = \rho_k - xx_i, \quad (2)$$

где xx_i – абсцисса мгновенной точки станочного зацепления в неподвижной системе координат $x_e O_e y_e$ колеса e (рис. 2).

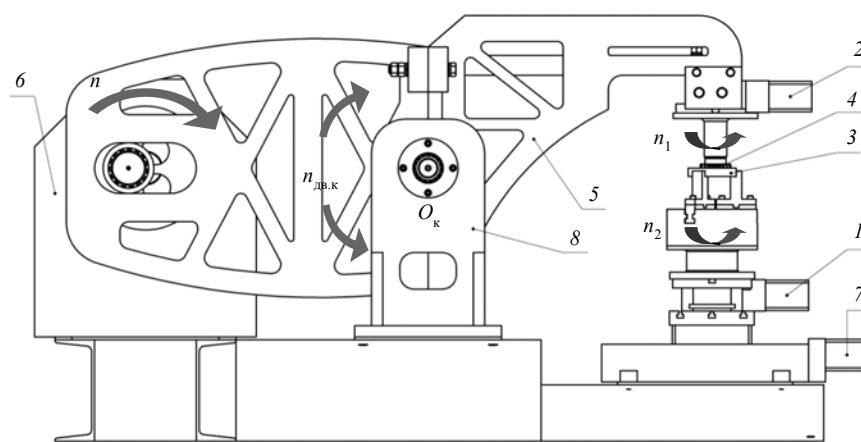


Рис. 1. Конструкция действующего прототипа и движения формообразования

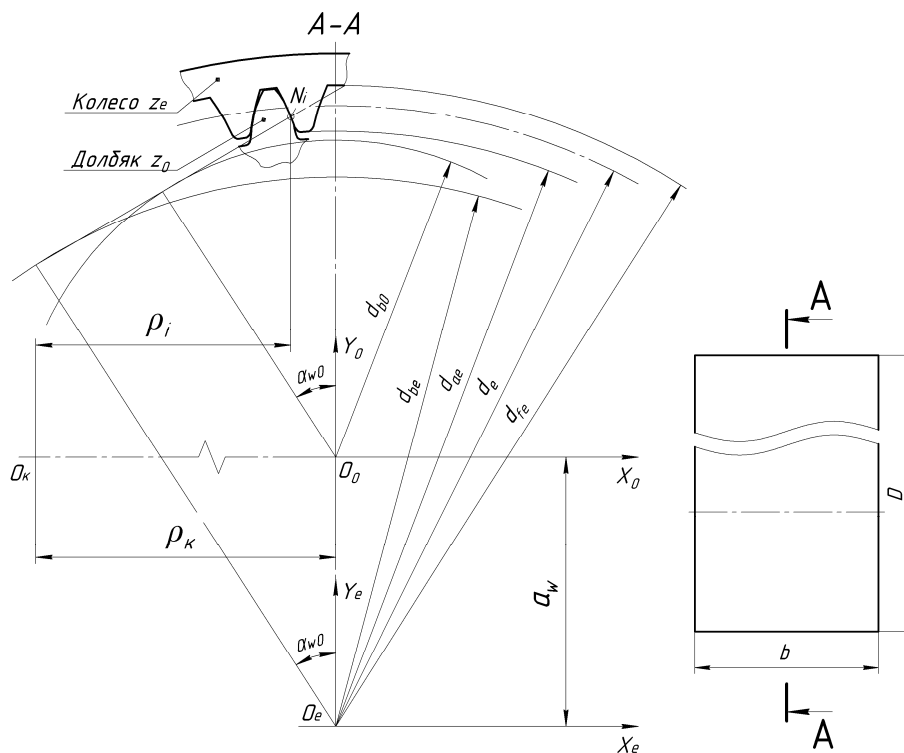


Рис. 2. Станочное зацепление в плоскости среднего торцевого сечения

На основе полученной таким образом математической модели станочного зацепления и результатов исследований [2, 3, 4] можно сформировать поверхность внутреннего арочного зуба, профиль которого в плоскости среднего торцевого сечения будет очерчен по эвольвенте (рис. 3).

Комплексное решение задач математического и компьютерного моделирования станочного зацепления, поверхностей зубьев, внешнего и внутреннего

пространственных зацеплений, полей зазоров во всех фазах зацепления, генерации управляющих программ на основе синтеза рациональных геометрических параметров поверхностей и технологических параметров обработки обеспечивает возможность эффективного использования локализации контакта во внутреннем зацеплении и способствует расширению области применения прогрессивных планетарных механизмов с улучшенными показателями качества.

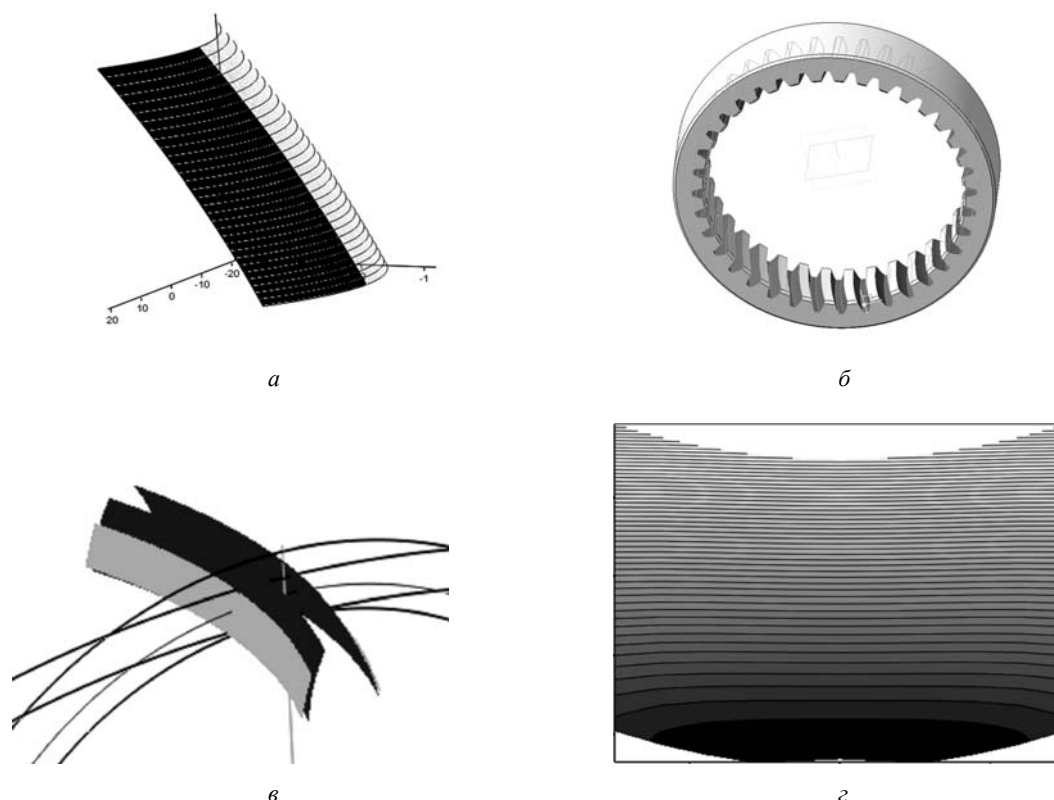


Рис. 3. Компьютерные модели поверхности внутреннего зуба (а), колеса с внутренними арочными зубьями (б), внутреннего арочного зацепления колес (в), поля зазоров в начале фазы зацепления (г)

Библиографические ссылки

1. Сызранцев В. Н. Синтез зацеплений цилиндрических передач с локализованным контактом : дис. ... д-ра техн. наук. – Курган, 1989. – 407 с.

2. Могильников Е. В. Геометрический синтез и анализ приближенного внутреннего арочного зацепления планетарной передачи типа 2К-Н : дис. ... канд. техн. наук. – Ижевск, 2011. – 150 с.

3. Кузнецов В. С., Могильников Е. В. Моделирование поверхности внутреннего арочного зуба планетарной передачи в станочном зацеплении // Вестник ИжГТУ. – 2011. – № 2. – С. 17–21.

4. Кузнецов В. С., Могильников Е. В. Комплексный подход к моделированию зацеплений планетарной передачи 2К-Н с арочными зубьями // Вестник машиностроения. – 2011. – № 6. – С. 29–33.

V. S. Kuznetsov, PhD in Engineering, Glazov Institute of Engineering and Economics, Branch of Kalashnikov Izhevsk State Technical University

A. S. Kuznetsov, PhD in Engineering, Glazov Institute of Engineering and Economics, Branch of Kalashnikov Izhevsk State Technical University

E. V. Mogilnikov, PhD in Engineering, Glazov Institute of Engineering and Economics, Branch of Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Design and Production of Planetary Gears with Localized Contact

The article discusses the features of design and production of planetary gears with localized contact of external and internal arched teeth.

Key words: planetary gear, internal teeth, localized contact, arched tooth cutting, mathematical model.