

# РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНИКИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭКСЦЕНТРИКОВО- ЦИКЛОИДАЛЬНОГО (ЭЦ) ЗАЦЕПЛЕНИЯ

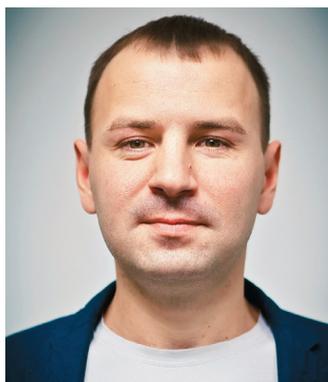
В. В. Становской, С. М. Казакиявичюс, Н. Р. Кузнецов



В. В. Становской,  
ген. конструктор ЗАО  
«Технология маркет»,  
tm@ec-gearing.ru



С. М. Казакиявичюс,  
начальник КБ ЗАО  
«Технология маркет»,  
tm@ec-gearing.ru



Н. Р. Кузнецов, главный  
технолог ЗАО «Технология  
маркет», tm@ec-gearing.ru

Описан новый вид зацепления зубчатых колес. Показаны преимущества ЭЦ-зацепления по сравнению с эвольвентным зацеплением, а также по сравнению с другими известными видами зацеплений. Преимущества получили свое подтверждение при изготовлении и испытании опытных образцов редукторов различного назначения. Показаны области применения, где уникальные свойства ЭЦ-зацепления позволят создать ресурсосберегающую технику нового поколения.

A new kind of gearing is described. The advantages of EC-gearing compared to involute gearing, and other known types of gearing are shown. Advantages have been confirmed in the manufacture and testing of gearboxes for various applications. Showing applications where the unique properties of EC-gearing will create the new generation of resource-saving engineering.

**Ключевые слова:**

ЭЦ-зацепление, редуктор, КПД, зубчатое колесо.

**Keywords:**

EC-gearing, gearbox, efficiency, gears.

Современная техника не может работать без передаточных механизмов, которые преобразуют вращение двигателя в движение исполнительного органа. Современные передачи в подавляющем большинстве основаны на эвольвентном зубчатом зацеплении, которому уже больше 240 лет.

Эвольвентное зацепление исчерпало возможности своего совершенствования и в настоящее время является тормозом в создании высоконадёжных и мощных передач, так как для обеспечения этих требований необходимо резко увеличивать габариты и вес передаточных механизмов. А это чаще всего невозможно сделать по техническим ограничениям.

Разработанное группой авторов эксцентриково-циклоидальное (ЭЦ) зубчатое зацепление позволяет решить эту техническую проблему. ЭЦ-зацепление имеет винтовые зубья, профили которых в торцовых сечениях образованы дугами окружностей на ведущем колесе и участками циклоидальных кривых на ведомом [1, с. 34–39]. Благодаря такой форме зубьев зацепление имеет непрерывную линию контакта с выпукло-вогнутым и вогнуто-выпуклым профилями контактирующих зубьев, что повышает нагрузочную способность передачи по сравнению с эвольвентным зацеплением. Как показано в работах [2, с. 148–152; 3, с. 153–156], ЭЦ-зацепление обеспечивает в одной ступени редуктора достаточно широкий диапазон передаточных отношений, высокую нагрузочную способность при минимальной величине относительной массы. Это позволяет либо увеличить передаваемую мощность в тех же габаритах, либо резко уменьшить вес и габариты передачи. Также особенностью ЭЦ-зацепления является возможность уменьшения числа зубьев ведущего колеса вплоть до одного, что позволяет повысить передаточное отношение в одной ступени. Общее уменьшение числа зубьев при прочих равных условиях ведет к уменьшению времени обра-



Рисунок 1  
Общий вид 3-х заходного ЭЦ-зацепления.

ботки и удешевлению передачи. При этом изготовление ЭЦ-зацепления возможно как на специальном зуборезном оборудовании с использованием специального инструмента, так и на универсальных обрабатывающих центрах с ЧПУ с использованием универсального инструмента. ЭЦ – зацепление мало чувствительно к изменениям межосевого расстояния колес и, в отличие от зацепления Новикова, не теряет работоспособности в широком диапазоне его отклонений от рас-

четного [4, pp. 197–199]. Высокий КПД в зацеплении обеспечивается за счет того, что, варьируя параметрами ЭЦ-зацепления, можно поместить пятно контакта в полюс зацепления. Тем самым обеспечивается отсутствие проскальзывания и пульсации передаваемого момента при работе.

Все эти утверждения нашли своё подтверждение при разработке, изготовлении и испытании опытных образцов редукторов на основе ЭЦ-зацепления в автомобилях БелАЗ, «Ё-мобиль», маневровых локомотивах. Общепромышленные редукторы с ЭЦ-зацеплением прошли испытания в компании «SEW-Eurodrive» (Германия).

Сравнительный анализ предлагаемого решения с известными видами зацеплений (зацепление Новикова, с промежуточными телами качения и др.) показал, что ЭЦ-зацепление обладает комплексом преимуществ по всем характеристикам (КПД, передаточное отношение, крутящий момент, надёжность, удельные массогабаритные показатели, себестоимость изготовления и др.). В противоположность этому у традиционных передаточных механизмов при улучшении одних технических параметров ухудшаются другие (например, при повышении передаточного отношения резко снижается КПД, при по-

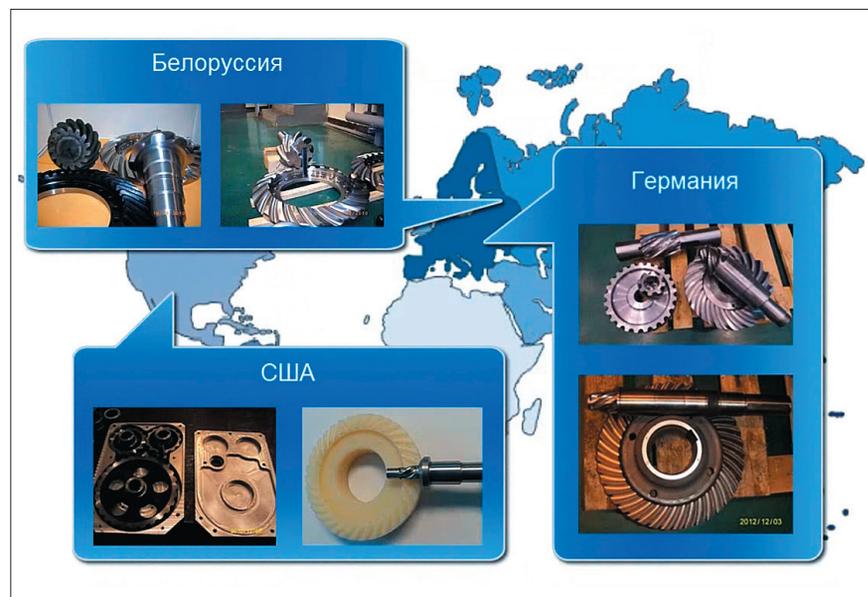


Рисунок 2. Сферы использования ЭЦ-зацепления за рубежом



Рисунок 3. Сферы использования ЭЦ-зацепления в России

вышении крутящего момента значительно увеличиваются габариты и вес зубчатых передач).

Различные варианты ЭЦ-зацепления и механизмы на его основе защищены 9 патентами РФ на изобретение и патентом на полезную модель. Получены патенты США, Европейского и Евразийского патентных ведомств. Две международные заявки находятся на стадии национального и регионального патентования (изобретения патентуются в США, Евросоюзе, Украине, и в странах — участницах Евразийской конвенции).

ЭЦ-зацепление открывает новый этап развития передаточных механизмов, не имеющих конкурентов по надёжности, компактности, КПД, передаваемым высоким крутящим моментам, значительным перегрузочным резервам, низким (или нулевым) затратам на техническое обслуживание. И при этом — за меньшую цену. Проект запускает чрезвычайно динамичный процесс радикальной модернизации отечественного машиностроения и открывает перспективу создания ресурсосберегающей техники нового поколения (например, электромобиль, ветроэнергостановки, вертолёты и многое др.).

В настоящее время внедрение ЭЦ-зацепления идет в тех областях

приводной техники, где эвольвентное зацепление не может обеспечить требования потребителей. Для зарубежных заказчиков это, например: главная передача автомобиля «БЕЛАЗ»; общепромышленные редукторы, производимые на предприятиях Германии [5, с. 41–43]; редукторы измельчителя бытовых отходов для США; пластмассовые шестерни для пищевой промышленности США.

Реализованные проекты для Российских предприятий: главные передачи для автомобилей «КАМАЗ», «Электромобиль»; тяговые редукторы для локомотивов [6, с. 85–90]; редуктор следящей системы; редуктор руч-



Рисунок 4. Рабочий орган винтовой роторной машины.

ного инструмента; приводы запорной арматуры и многое другое.

Применение ЭЦ-зацепления возможно не только в редукторах, но и в винтовых машинах (насосах и двигателях).

Применение ЭЦ-зацепления в насосах для добычи нефти и газа позволит сделать винтовые насосы (машины) без синхронизирующих шестерен. Низкая себестоимость и низкие эксплуатационные затраты позволят использовать ЭЦ-насосы в низко дебитных скважинах. Это снизит себестоимость добычи нефти до 10 раз. Благодаря свойствам ЭЦ-зацепления возможно: увеличить межремонтный интервал, увеличить КПД насоса, минимизировать влияние механических примесей в перекачиваемой среде, увеличить мощность насоса в минимальном объёме.

Поэтому потенциальный рынок машиностроения, который может занять ЭЦ-зацепление, гораздо шире.

Возможные области применения ЭЦ-зацепления в гражданской технике (бортовые редуктора, коробки передач, насосы, система управления и т. п.), представлены на рисунке 6.

### Заключение

Реализация такого масштабного проекта — серьезная задача, решение которой тесно связано с поиском источников финансирования и государственной поддержкой, что всегда непросто на стадии развития инновации. В статье рассмотрены только некоторые сферы применения ЭЦ-зацепления. Но, тем не менее, данная разработка имеет огромный потенциал и в других областях машиностроения. ■

### Список литературы

1. Новый вид зацепления колёс с криволинейными зубьями/Становской В. В., Казакиявичюс С. М., Ремнёва Т. А. и др.//Справочник. Инженерный журнал. — 2008. — № 9 (138). — С. 34–39.
2. Эксцентриково-циклоидальное зацепление зубчатых колёс и механизмы на его основе/Становской В. В., Казакиявичюс С. М., Ремнёва Т. А.,



Рисунок 5. Рынок машиностроения:

Кузнецов В. М. // Теория и практика зубчатых передач и редукторостроения: сб. докл. науч.-техн. конф. с международным участием. — Ижевск, 2008, — С. 148–152.

3. Расчет Циклоидально-эксцентрикового зацепления и механизмов на его основе / Казакиявичюс С. М., Становской В. В., Ремнева Т. А. и др. // Теория и практика зубчатых передач и редукторостроения: сб. докл. науч.-техн. конф. с международным участием. — Ижевск, 2008, — С. 153–156.
4. Работоспособность эксцентриково-циклоидального зацепления при изменении межосевого расстояния колес. Модификация вершин и впадин зубьев / Казакиявичюс С. М., Становской В. В., Ремнева Т. А. и др. // Вестник машиностроения — 2011. — № 3, стр. 7–9, см. также Kazakyavichyus S. M., Stanovskoy V. V., Remneva T. A. et al. Performance of Eccentric – Cycloid Engagement with Change in the Interaxial Distance: Modification of Tooth Configuration // Russian Engineering Research, 2011. Vol. 31, No 3, pp.197–199.
5. Двухступенчатый редуктор на основе эксцентриково-циклоидального зацепления. (Зацепление

ExCyGear) / Становской В. В., Казакиявичюс С. М., Ремнева Т. А. и др. // Вестник машиностроения — 2011. — № 12, стр. 41–43.

6. Конические тяговые редукторы нового поколения на основе эксцентриково-циклоидального зацепления / Становской В. В., Казакиявичюс С. М., Ремнева Т. А., Кузнецов В. М. // Перспективные приводные системы, трансмиссии и робототехнические комплексы: Материалы международной научно-технической конференции / Могилев, 20–21 октября 2011 г. — С. 85–90.

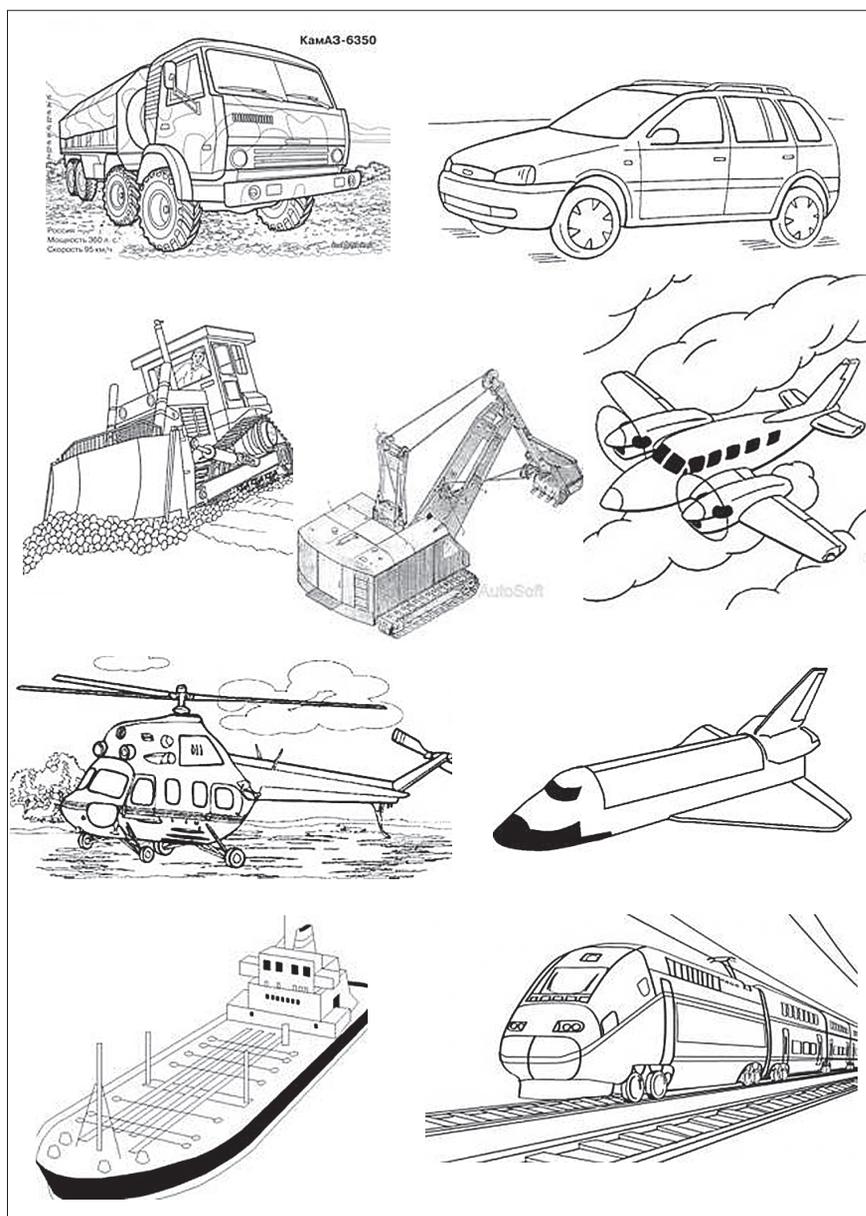


Рисунок 6. Сферы применения ЭЦ-зацепления