

ОБ ИСТОКАХ СМЕШАННОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ IP

Г.А. Журавлев, к.т.н., зав. отделом конструктивной прочности
НИИ Механики и Прикладной Математики им. Воровича И.И.,
Южный Федеральный Университет

В чем особенность конструкций передач IP и передач с составными колесами? Все они построены на базе эффектов кривизны контакта и многие – на базе малоразмерного геометрического концентратора [1, 2, 3], на доказательствах наличия серьезных резервов прочности зубчатых передач с линейчатым контактом зубьев как в полюсе, так и во внеполюсных фазах зацепления. Вот в чем «секреты» и истоки всего комплекса решений. Все «секреты» лежат в понимании этих эффектов и физических основ развития зубчатых зацеплений на их базе. Как раз и дискуссия об этом. В этом истоки пространственных и плоских передач IP и передач с составными колесами. Лунин, увидев фото зубьев колес IP бортовой передачи трактора, заявляет, что это эвольвентное колесо. А как же его представления об истоках?

Любому человеку, стоящему у истоков какой-либо идеи, присуще внимательное (и трепетное) отношение к оценке этих истоков (даже, если эта оценка и отрицательная!). Характерно, несмотря на то, что истоками смешанного зацепления являются эффекты кривизны контакта, а дискуссия о физических основах развития зубчатых передач развита [4] именно на их базе, Лунин не проявляет никакого интереса к этим истокам.

Авторство всех систем зацепления IP легко определить по авторству эффектов кривизны контакта. Дело в том, что смысл всех новых систем зацепления именно в этих эффектах. Поэтому смешны любые претензии в этом плане.

Более того, эффекты кривизны контакта – это не только IP. Они открывают глубокий «колодец», из которого можно долго черпать новые идеи. Лунин не успел вовремя заглянуть в него. А ведь был близок к этому, пока не пошел на обман с Volvo-Penta. Он думал, что обманул меня, больше всего он обманул самого себя.

Смысл сверхаддитивного смешанного зацепления IP (в том числе – относительно аддитивного смешанного зацепления) может увидеть только тот, кто понимает суть эффектов кривизны контакта и я хочу сделать эффекты кривизны контакта доступным каждому. Этой цели и посвящена дискуссия. Использование эффектов кривизны контакта может привести к инновационному прорыву в редукторостроении.

Вот только некоторые вехи (истоки) создания основных систем сверхаддитивного смешанного зацепления IP, каждая из которых определила особое направление развития передач на базе эффектов кривизны контакта:

Пространственная зубчатая передача смешанного зацепления [2] с осевым пересопряжением зубьев, в которой внеполюсные точечно-сопряженные участки торцового профиля зубьев описаны вогнутыми радиуса ρ_{ass} у головки и выпуклыми радиуса ρ_{fss} у ножки линиями $\rho_{ass} - \rho_{fss} > 0$, соединенными между собой эвольвентными участками с углом профиля исходного контура $\alpha > \alpha_k$ при $\alpha = \alpha_{1a}$ и $\alpha_k < \alpha_{1a}$ (α_k – теоретический угол давления внеполюсных дуговых участков; α_{1a} – угол профиля в нижней граничной точке основного дугового участка у головки) и увеличенным углом зацепления α_{tw} . Благодаря реализации двух эффектов [5] – эффекта сверхаддитивности кинематического принципа IP (в отличие от аддитивного, с простым суммированием компонентов зацеплений при их сочетании в смешанном зацеплении) и эффекта кривизны контакта (эффект значительного, сверх описанного решением плоской контактной задачи Герца, влияния роста плотности контакта упругих тел на снижение контактных напряжений и, как следствие, – выявление принципиальной возможности существенного улучшения фаз зацепления в полюсе и вне полюса) в такой передаче нет потерь контактной поверхности зубьев, максимально увеличена контактная прочность полюса зацепления, выравнены показатели контактной выносливости (полюсной и внеполюсных)

фаз зацепления, а особенности формы торцовых профилей ее зубьев обеспечивают повышенную плавность работы и низкие изгибные напряжения.

Пространственная зубчатая передача смешанного зацепления [1] на базе кинематического принципа сверхаддитивной смешанности IP. Торцовые профили зубьев построены из эвольвентных и основных точечно-сопряженных дуговых (выпуклых у головки и вогнутых у ножки – с параметрами в зависимости от знака и абсолютных уровней отклонения межосевого расстояния $\Delta a_w > 0$ и $\Delta a_w < 0$) участков, плавно соединенных между собой дополнительными дуговыми (малоразмерными технологическими, на базе эффекта кривизны концентратора – эффекта влияния роста кривизны геометрического концентратора, при определенных параметрах нагружения по схеме поперечного изгиба, на снижение изгибных напряжений [6]) участками – вогнутым участком радиуса ρ_{pa} у головки и выпуклым участком радиуса ρ_{pf} у ножки зубьев. Этим приемом создан кинематический принцип независимости – эвольвентные участки выполнены с $\alpha > \alpha_{1a}$. Благодаря большому перекрытию зубьев и меньшей чувствительности передачи к отклонениям межосевого расстояния, активная ширина зубчатого венца b_w может быть уменьшена до $b_w \approx 0.7p_x$ (p_x - осевой шаг), а показатели ее изгибной выносливости, виброакустики и ресурса работы существенно улучшены.

Зубчатая передача смешанного зацепления [7], образованная многопоточными элементами типа IP со смещениями фаз зацепления торцовых профилей зубьев различных пар взаимодействующих зубчатых венцов, например, составных колес. В каждой отдельно взятой паре взаимодействующих зубчатых венцов эвольвентные (при $\alpha > \alpha_{1a}$) и точечно-сопряженные участки торцовых профилей зубьев создают самостоятельные фазы зацепления с разрывом непрерывности их кинематического зацепления и с дискретным существованием (только для отдельных точек и локальных отрезков профилей) общей касательной плоскости в контакте зубьев зацепления, с достижением (благодаря относительному смещению фаз дискретного зацепления) коэффициента торцового перекрытия $\varepsilon_a \geq 1$ и взаимосопряженности парных колес. Компонент точечной сопряженности выпукло-вогнутых участков профилей зубьев сочетается с отказом от условий по осевому перекрытию, с образованием начально-линейного касания (НЛК) зубьев, с повышенной плотностью контакта во всех фазах зацепления, с отсутствием осевых усилий в зацеплении.

Что касается многовенцовых (составных) колес (с существенно облегченной конструкцией типа «сэндвич»), в перспективе использования которых было заинтересовано руководство МВЗ им. М.Л. Миля, то для них разработаны значительно более эффективные варианты внеполюсных зацеплений на базе эффектов кривизны контакта. В этих вариантах реально достижима плотность контакта, значительно большая, нежели в передачах Новикова и любых других передачах [8]. Как подготовительный момент, я излагал коллегам в МВЗ им. М.Л. Мили основные элементы составных колес и все оригинальные результаты обсуждений были оформлены в совместные заявки на изобретения, на что и были получены авторские свидетельства, в том числе и некоторые – с участием Лунина-Заклдаева. Они касаются вопросов адаптации схемы монтажа составных колес к технологии МВЗ им. М.Л. Мили и не затрагивают элементы зубчатого зацепления.

Вот из этих истоков, на базе эффектов кривизны контакта, и появляется многообразие решений. Но Лунину, прежде, чем заниматься интеллектуальными кражами, надо хотя бы немного разобраться в сути предмета этих краж.

Прикоснувшись только к информации по цилиндрическим передачам одного из вариантов (IP-B) пространственного смешанного (эвольвентно-новиковского) зацепления, Лунин даже не представляет какое многообразие дают эффекты кривизны контакта. Только часть из них сейчас патентуется [8] в ряде стран, в том числе – в США.

Оппоненты считают для себя возможным предоставить под видом дискуссии любую чушь. Чье-то участие в технологической реализации конкретной конструкции одной

передачи IP Лунин легко выдает... за разработку этой передачи и даже за создание системы смешанного зацепления этого типа и вообще смешанного зацепления. Он претендует на Европатент, но его приоритет 03.11.86 (когда Журавлев и Лунин не были даже знакомы), и он построен на базе эффектов кривизны контакта (А.С. СССР №1185942, приоритет 20.05.75 (Лунин учился в начальной школе)) и на базе малоразмерных переходных участков (Патент РФ № 1075041, приоритет 26.12.1980 (Лунин учился в школе)). Приоритеты составных колес (Патент СССР № 1839700, приоритет 24.09.1986 – возможно, Лунин уже начал работать в МВЗ им. М.Л. Миля, но мы с ним еще не были даже знакомы). Не перегруженный нравственными устоями Лунин демонстрирует на своем сайте не только украденное им описание пространственного смешанного зацепления IP типа IP-B, но и полное непонимание характера выполнения работ с IP-B. Эти работы он связывает с редуктором ВР-28 вертолета МИ-28, тогда колес с этим редуктором была связана совершенно другая работа.

Как все это напоминает изречение А. Шопенгауэра о трех этапах развития новой идеи:

- это не может быть (как было и с IP – до начала сравнительных испытаний пространственных передач IP и традиционных передач ДЛЗ Новикова в КС);
- это может быть, но никому не нужно (как было и с IP – в заключительный период работы КС, когда уже были получены положительные результаты сравнительных испытаний «твердых» передач IP и ДЛЗ, но чтобы «обойти» IP с иным, без участия в сравнительных испытаниях, вариантом ДЛЗ, «всплыл» довод о необходимости «чистого» зацепления Новикова);
- идея реальная и полезная, но ведь это уже давно всем известно (как сейчас с IP – когда системы сверхаддитивного смешанного зацепления IP реализованы в разных вариантах, в том числе – в прямозубых цилиндрических передачах, вдруг, «всплывают» новые «авторы» – Лунин, Тетерятченко, не имеющие абсолютно никакого отношения (!) к сверхаддитивному смешанному зацеплению IP).

Стратегия скандально-лживых доводов и вопросов (вместо участия в научной дискуссии) вызывает чувство брезгливости... Многие знают, что я вообще не собирался реагировать на статью [9] и другое подобное участие оппонентов в дискуссии, а эта серия ответов появилась, исключительно, благодаря настойчивости нескольких коллег.

Автор очередной раз призывает оппонентов – участников дискуссии дать честный ответ на вопрос об ошибочности физических основ зацепления Новикова, согласившись с этим фактом или доказав противоположное.

Литература:

1. G.A. Zhuravlev. Mixed-Engagement Gearing. EUROPEAN PATENT №0293473, F16H55/08, 29.07.92 (приоритет 03.11.1986).
2. Журавлев Г.А. Зубчатая передача. А.с. СССР № 1185942, МПК F16H1/08, Приор. 20.05.1975г. Бюлл. №15. – 2004
3. Журавлев Г.А. Патент РФ №1075041, МПК F16H55/08, (приоритет 26.12.1980) Бюлл. №7, 1984.
4. Журавлев Г.А. Ошибочность физических основ зацепления Новикова как причина ограниченности его применения// Редукторы и приводы. Санкт-Петербург. – 2006. – №1. – С. 38-45.
5. Zhuravlev G.A. The Mixed Cearing Engagement Systems. Proceedings of Ninth World Congress on the Theory of Machines and Mechanisms. Vol. 1, Italy, Milano, 1995, p.p. 433-437.
6. Zhuravlev G.A. The Principle of the Kinematical Independence to the Mixed Toothed Engagements. Proceedings of ISMM '97 International Symposium «MACHINES and MECHANISMS», YUGOSLAVIA, BELGRADE, 1-3.9.1997.
7. Журавлев Г.А. Патент СССР № 1839700, МПК 5F16H 1/20, 55/08, Приоритет 24.09.1986г., Бюлл. №48-47, 1993г.

8. Zhuravlev G. Gear drive (Patent Application PCT/RU2005/000367. July 05, 2005) //Publication WO/2007/008096, F16H 55/08 (2006.01) – 18.01.2007).
9. Беляев В.А, Веретенников В.Я. и др. Совершенствование зубчатых передач Новикова остается одним из важнейших направлений развития редукторостроения// Вестник машиностроения – 2007. – № 5. – С. 28-35.