

КАК ИСКАЖАЮТСЯ ОЦЕНКИ МНЕНИЯ НАУЧНОЙ ОБЩЕСТВЕННОСТИ

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

Тезисы № 4 по анализу публикации [13] о путях развития редукторостроения.

В материале [13] констатируется, что главный тезис статьи [12], «вынесенный в ее заголовок, всеми участниками дискуссии признан несостоятельным».

На самом деле эти два софизма («признан несостоятельным» и «всеми участниками дискуссии») никакого отношения к статье [12] не имеют. Ни одного научного опровержения теоретических и экспериментальных обоснований [4...7, 12, 15] ошибочности физических основ зацепления Новикова [12] не дано. Наоборот, есть авторитетные положительные отклики. Так можно было бы заявить о геометрических основах (если бы, действительно, они ставились под сомнение). Но на каком основании кем-то признан несостоятельным главный тезис статьи [12] об ошибочности физических основ зацепления Новикова? Или «всеми участниками»? Наоборот – ни одного (!) научного доказательства достоверности физических основ зацепления Новикова (с учетом общеизвестных фактов и данных [4, 5, 12]) от оппонентов до сих пор не представлено. Вместо этого сознательно продолжена «игра» с подменой понятия «физические основы» на понятие «геометрические основы». В чем же проблема физических основ? Традиционное представление о физических основах формировалось работами нескольких поколений ученых. Еще до Ю.Н. Будыки и М.Л. Новикова было принято, что линейные взаимосвязи одних из основных факторов контакта $F_p = c\rho$ достоверно отражают условия контактного взаимодействия зубьев эвольвентной передачи. Отсюда и вытекают (как сочетание кинематической теоремы Эйлера-Савари и решения плоской контактной задачи Герца) первые два постулата традиционных физических основ.

Долгие годы в СССР (Н.И. Колчин, Ю.Н. Будыка и др.) и в США (E. Wildhaber, S. Bramley-Moore и др.) шли поиски путей улучшения кинематики плоского зубчатого зацепления. В 1951 году Ю.Н. Будыка [19] нашел более общие (чем по уравнению Эйлера-Савари) зависимости для определения кривизн зубьев и показал возможности значительного улучшения параметров плоского зацепления в его внеполюсных фазах.

Согласно обобщенной (Ю.Н. Будыка) кинематической теореме Эйлера-Савари о кривизнах сопряженных профилей зубьев, полученных анализом плоского четырехзвенного механизма с низшими кинематическими парами, радиусы кривизны профилей взаимодействующих зубьев определены уравнениями:

$$R_1 = \frac{r_{w1} \sin \alpha_{tw}}{1 + \frac{r_{w1} \cos \alpha_{tw} \operatorname{tg} \gamma_p}{l_p}} + l_p; \quad R_2 = \frac{r_{w2} \sin \alpha_{tw}}{1 - \frac{r_{w2} \cos \alpha_{tw} \operatorname{tg} \gamma_p}{l_p}} - l_p;$$

где: $r_{w1,2}$ – радиусы кривизны центроид;

l_p – расстояние точки контакта от полюса зацепления;

γ_p – угол между нормалью к профилям зубьев в точке контакта и касательной к линии зацепления в этой точке.

Таким образом физические основы были дополнены выводом Ю.Н. Будыки об особых (относительно полюса зацепления) возможностях снижения контактных напряжений во внеполюсных фазах зацепления. Однако, реализация этих возможностей была ограничена условиями по коэффициенту торцового перекрытия зубьев $\varepsilon_\alpha \geq 1$. Ю.Н. Будыка нашел мощные резервы улучшения кривизн торцовых профилей зубьев в их внеполюсном зацеплении и разработал систему плоского зацепления с контактом выпуклого (у головки) торцового профиля зубьев по вогнутому (у ножки). Но, чтобы

показать, насколько труден путь реализации резервов внеполюсного зацепления в плоском зацеплении, отметим два факта:

- Ю.Н. Будыка пришел к выводу об отсутствии перспектив реализации резервов внеполюсного зацепления в плоском зацеплении: «наиболее радикальный путь повышения передаваемой мощности для закрытых передач – **не поиски новой системы зацепления**, а изучение и борьба с самим явлением усталостного выкрашивания, лимитирующего передаваемую мощность» [19].
- М.Л. Новиков разработал практически значимый вариант реализации резервов внеполюсного зацепления за пределами плоского зацепления – с пространственным точечным зацеплением.

Колоссальным шагом М.Л. Новикова был отказ от условий по торцовому перекрытию зубьев и создание геометрической теории пространственного точечного зацепления с использованием диапазонов значений угла γ_p от $\gamma_p = 90^\circ$ до значения, при котором $R_l = \infty$. Преимущества такого зацепления представлялись столь огромными, что это позволило не только дополнить выводы Ю.Н. Будыки о возможностях внеполюсного зацепления, но и обосновать положение физических основ о значительном снижении контактных напряжений, исключительно, в точечном внеполюсном зацеплении Новикова. В некоторых случаях (для низкоскоростных, широковенцовых и непрямозубых колес) эти преимущества хорошо подтвердились на малодеформативных передачах Новикова с «мягкими» зубьями. Однако реальный резерв повышения контактной прочности зацепления Новикова значительно ниже необходимого для замены наиболее распространенных в технике прямозубых и/или узкозубчатых передач, для компенсации недостатков точечного зацепления по изгибной прочности и осевым усилиям, особенно в «твердых» колесах.

М.Л. Новиков доказал возможность замены условий по торцовому перекрытию на условие по осевому перекрытию и смог добиться улучшения кривизн торцовых профилей зубьев. Но в результате ошибочности физических основ такое улучшение (ценой перехода к точечному зацеплению и ухудшения кривизн вдоль линии зубьев) давало ограниченный результат конкурентоспособности из-за занижения оценки зацеплений с начально-линейным контактом и завышения оценки зацепления Новикова. При полной безупречности геометрической теории зацепления Новикова оказалось не безупречным в прочностном смысле и, как следствие, по конструктивной гибкости, особенно – для передач с «твердыми» зубьями. Именно поэтому силовое зацепление Новикова, несмотря на теоретические предпосылки, имеет малую сферу рационального применения. Оценка уровня накопившихся противоречий привела автора [12] к необходимости выполнения комплекса исследований реальных условий контактного взаимодействия зубьев и разработке (на их базе) более универсальных физических основ.

В результате нами сделаны выводы:

- о наличии значительных резервов снижения контактных напряжений а полюсе зацепления, резервов совершенствования эвольвентного и других плоских зацеплений;
- о наибольшей перспективности реализации внеполюсного зацепления на базе начально-линейного (или близкого к нему) касания зубьев;
- о преимуществах зацеплений с линейчатым контактом зубьев.

Физические основы на базе эффектов кривизны контакта изменены по всем пунктам [4, 5, 12]. Они показывают многообразие путей развития зубчатых передач – от простых «чистых» традиционных зубчатых зацеплений (эвольвентного и Новикова) до различных вариантов передача с начально-линейным касанием зубьев на базе эффектов кривизны контакта – эвольвентных передач с увеличенными углами зацепления, пространственных смешанных зацеплений IP, плоских смешанных зацеплений IP (без зацепления Новикова) и дискретного зацепления [17].

Новые кинематические принципы внеполюсного зацепления позволяют использовать различные диапазоны параметров уравнений Ю.Н. Будыки, они более

адекватны проявлению эффектов кривизны контакта. Их физические основы построены на нелинейных (негерцевских) взаимосвязях основных факторов контактной задачи и сводятся к следующим выводам:

- о существенной зависимости контактной прочности зубьев в полюсе зацепления от формы профилей зубьев и от системы зацепления;
- о возможности кардинального снижения контактных напряжений и контактных температур в различных фазах зацепления, в т. ч. – в полюсной точке;
- о наибольшей возможности снижения контактных напряжений и контактных температур в фазе плоского внеполюсного зацепления (с начально-линейным касанием зубьев) без введения ограничений как по осевому, так и по торцовому перекрытию зубьев, вплоть до реализации внеполюсного зацепления с коэффициентом суммарного перекрытия $\varepsilon_\gamma = 0$.

Разработка кинематики внеполюсного зацепления с начально-линейным касанием зубьев и большей плотностью контакта, а также то обстоятельство, что резерв контактной прочности зацепления Новикова оказался ниже даже предельно необходимого для увеличения конструктивной гибкости зацепления, показывает ошибочность вывода М.Л. Новикова об исключительных возможностях внеполюсного зацепления именно в пространственном точечном зацеплении при введении ограничений по осевому перекрытию.

Узость цели (и, соответственно, интересов) оппонентов привела (еще в КС) и сейчас приводит к ограничению уровня обоснованности их позиции устаревшими доводами (такими как таблица КС и опыты Браиловского) и уходом от сравнительных испытаний с эффективными эвольвентными передачами и с передачами IP – так основным итогом деятельности КС стало кулуарное (на других стендах и в других условиях) сравнение ДЛЗ с малоэффективной эвольвентной передачей.

В статье [13] читаем: «...в статье Г.А. Журавлева вы не найдете и упоминания о решениях Координационного Совета..., явившихся поворотным пунктом в деле развития передач Новикова».

На самом деле «поворотным пунктом» эти решения стали лишь в том смысле, что они вернули зацепление Новикова в русло ДЛЗ. В наших статьях [4, 5] показано, что Координационный Совет (КС) выполнил карательную функцию, освободив традиционные передачи Новикова типа ДЛЗ от инакомыслия. И придал этим депрессивный характер дальнейшему развитию зацепление Новикова с «твердыми» зубьями – оно пошло по пути копирования опыта применения зацепления Новикова в «мягких» колесах, в которых передачи типа ДЛЗ нередко показывали значительное преимущество перед эвольвентными передачами. В действительности, это копирование не привело к повышению практической значимости зацепления Новикова, а стало тормозом также на пути развития эвольвентного и сверхаддитивного зацеплений.

В такую же акцию экстренного торможения хотели бы превратить дискуссию по статье [12] и авторы материала [13]. Как и в работе КС, в статье [13] снова звучит приговор «...никаких резервов эвольвентных передач обнаружить невозможно... Да и откуда взяться этим резервам?»

В статье [13] отмечено, что международная конференция по зубчатым передачам (г. Севастополь, 2006) «...в своем решении... осудила дискуссионную статью Г.А. Журавлева, как бездоказательную и ненаучную, а действия ее автора – как неэтичные и направленные на развал дальнейших исследований и внедрений зацепления Новикова»

На самом деле это мнение не является решением конференции. Его не удалось (по понятным причинам) включить в Решение конференции. Оно оформлено отдельным «документом», под которым нет ни одной подписи. Так чье же это мнение? Все это – «очередной фарс» [24, 31] и не более того.

Этот документ не отражает спектр мнений участников конференции и поэтому является ни чем иным, как фикцией.

Можно выразить пожелание украинским коллегам осудить такие методы оценки их мнений и дать взвешенную оценку результатам дискуссии. В тезисах № 3 мы привели мнение ряда авторитетных ученых России и Украины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакингам Е. Цилиндрические зубчатые колеса. ОНТИ НКТП СССР, М., 1935. С.378.
2. Buckingham E. Analytical Mechanics of Gears// Dover Publications, Inc., New York. – 1963. – 546р.
3. Журавлев Г.А. Эффекты кривизны упругих тел с близким к начально–линейному касанием// Труды III Всероссийской конференции по теории упругости с международным участием, г. Ростов-на-Дону-Азов, 13-16 октября 2003. Изд. «Новая книга», г. Ростов-на-Дону. – 2004. – С. 163-165.
4. Журавлев Г.А. Эффекты кривизны контакта тел, моделируемых упругими круговыми цилиндрами, и физические основы совершенствования зубчатых передач// Редукторы и приводы// С.-Петербург. – 2007. – № 1, 2 (08). – С. 73. (полный текст – сайт <http://www.reduktorntc.ru>)
5. Журавлев Г.А. К обсуждению физических основ совершенствования зубчатых передач// Редукторы и приводы. С.-Петербург. – 2007. – № 1, 2 (08). – С. 74-85. (полный текст – сайт <http://www.reduktorntc.ru>)
6. Журавлев Г.А. К выявлению негерцевских взаимосвязей основных факторов контакта тел, моделируемых упругими круговыми цилиндрами// Труды X Международной конференции «Современные проблемы механики сплошной среды». 5-9 декабря 2006. Изд. ООО «ЦВВР». Ростов-на-Дону. – 2006. – Т 2. – С.152-156.
7. Журавлев Г.А. К определению взаимосвязей основных факторов контакта тел, моделируемых упругими роликами с пересекающимися под малым углом осями // Труды XI Международной конференции «Современные проблемы механики сплошной среды» 26-29 ноября 2007, Изд. ООО «ЦВВР». Ростов-на-Дону. – 2007. – Т 2.
8. Журавлев Г.А. К стандартизации исходных контуров зубьев эвольвентного зацепления// 5-й Межгосударственный симпозиум «Теория реальных передач зацеплением», Курган, 1993, с.12-13
9. Основные нормы взаимозаменяемости. ПЕРЕДАЧИ ЗУБЧАТЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ЭВОЛЬВЕНТНЫЕ. Исходный контур высоконагруженных передач// ПГ 207-3-92, ГОССТАНДАРТ СССР. – М. – 1992. – 6с.
10. Старжинский В.Е., Солитерман Ю.Л. Россия и страны СНГ обязаны объединить усилия для решения проблем стандартизации// Редукторы и приводы. С.-Петербург. – 2007. – № 1, 2 (08). – С. 21-23.
11. От редакции. Коллективное обсуждение изменит ситуацию в лучшую сторону// Редукторы и приводы. С.-Петербург. – 2007. – № 1, 2 (08). – С. 24-25.
12. Журавлев Г.А. Ошибочность физических основ зацепления Новикова как причина ограниченности его применения// Редукторы и приводы. Санкт-Петербург. – 2006. – №1. – С. 38-45.
13. 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.
14. Редукторы судовых турбозубчатых агрегатов. (О.А. Пыж, Л.М. Гаркави, Ю.А. Державец, Р.Р. Гальпер), Ленинград, «Судостроение».– 1975. – 272с.
15. Журавлев Г.А. Условия трибосопряжения зубьев и пути совершенствования зубчатых зацеплений// Международный журнал «Трение и износ». Минск. Т20. – №2. – 1999. – С.175-188.

16. Zhuravlev G.A. The Mixed Gearing Engagement Systems// Proceedings of Ninth World Congress on the Theory of Machines and Mechanisms. Vol 1, Italy, Milano. – 1995. – p. 433-437.
17. Zhuravlev G. Gear drive (Patent Application PCT/RU2005/000367. July 05, 2005) //Publication WO/2007/008096, F16H 55/08 (2006.01) – 18.01.2007).
18. Журавлев Г.А. Применение смешанного зацепления в зубчатых передачах с поэлементной взаимозаменяемостью// Visnik of the East Ukrainian national University. Изд СНУ, Украина, г. Луганск, № 10 (56). – 2002. – С. 103-106.
19. Будыка Ю.Н. Теория зацепления и сравнительная износостойчивость плоских зацеплений общего вида. Труды семинара по ТММ, Т.10, вып.39,М., 1951. С.56-74.
20. G.A. Zhuravlev. Mixed-Engagement Gearing. EUROPEAN PATENT №0293473, F16H55/08, 29.07.92 (приоритет 03.11.1986).
21. Журавлев Г.А. Зубчатая передача. А.с. СССР № 1185942, МПК F16H1/08, Приор. 20.05.1975г. Бюлл. №15. – 2004
22. Журавлев Г.А. Патент СССР № 1839700, МПК 5F16H 1/20, 55/08, Приоритет 24.09.1986г., Бюлл. №48-47, 1993г.
23. Журавлев Г.А. Патент РФ № 1571330, МПК F16H 55/08, Приоритет 25.04.1988г., Бюлл. №22, 1990г.
24. Парубец В.И. А судьи кто? Или об «особом мнении» участников конференции// Редукторы и приводы. Санкт-Петербург. – 2007. – № 4-5. – С. 76-80.
25. Матлин М. М., Иткис М. Я., Шандыбина И. М. Зацепление Новикова: реальные возможности// // Редукторы и приводы. Санкт-Петербург. – 2007. – №4, 5 (10). – С. 69-70.
26. Иткис М.Я. Геометрический расчет цилиндрических зубчатых передач с зацепления Новикова// Нижне-Волжское книжное изд. Волгоград. – 1973. – С. 312
27. Иванов С.Л. Зацепление Новикова не нашло широкого применения в горной промышленности// Редукторы и приводы. Санкт-Петербург. – 2006. – № 2, 3 (05). – С. 65-67.
28. Попов А.П. Передачи Новикова: вымыслы и реальность// Редукторы и приводы. Санкт-Петербург. – 2007. – № 1, 2 (08). – С. 41-45.
29. Попов А.П. Публикация по проблемам передач Новикова, далекая от науки и дискуссии// Материалы сайта журнала «Редукторы и приводы» (<http://www.reduktor-news.ru/>)
30. Журавлев Г.А. Зубчатая передача// Патент РФ №1710889, 5F 16 Н 1/06, Б.И. №5, 1992г.
31. Парубец В.И. Двадцать две ступени вниз к изощренной лжи в анонимной статье «Совершенствование зубчатых передач Новикова остается одним из важнейших направлений развития редукторостроения»// Материалы сайта журнала «Редукторы и приводы» (<http://www.reduktor-news.ru/>)
32. Новиков М.Л. Зубчатые передачи с новым зацеплением. М. ВВИА им. Н.Е.Жуковского. –1958. – 186С.
33. Журавлев Г.А. Зубчатое колесо смешанного или эвольвентного зацепления// Патент РФ № 2318150, МПК F16H 55/08, F16H 1/06, Приоритет 24.11.2005, Бюлл. №6, 27.02.2008.
34. Журавлев Г.А. Зубчатая передача точечного или смешанного зацепления //Патент РФ №1075041, МПК F16H55/08, (приоритет 26.12.1980). Бюлл. №7, 1984.