

## ПУБЛИКАЦИЯ ПО ПРОБЛЕМАМ ПЕРЕДАЧ НОВИКОВА, ДАЛЕКАЯ ОТ НАУКИ И ДИСКУССИИ

А.П. Попов, д.т.н., профессор



Алексей Павлович Попов – доктор технических наук, профессор, академик Академии наук судостроения Украины, заведующий кафедрой механики и конструирования машин Национального университета кораблестроения

Прочитал публикацию «Совершенствование зубчатых передач Новикова остается одним из важнейшим направлений развития редукторостроения», помещенную на сайте. Данная публикация вызвала недоумение по целому ряду вопросов. Если верить тому, что написано, то в обсуждении публикации приняло участие 12 человек, в чем я сомневаюсь. В связи с этим остановлюсь на её этической и технической сторонах.

**Первое.** Обвиняя В.И. Парубца во «всевозможных грехах», оппонирующая сторона выставила напоказ образцы «ярчайших» сравнений фраз и отдельных слов, которые, по её мнению, должны убедить всех в том, что «двоечникам» типа В.И. Парубца, Г.А. Журавлева и другим, не согласным с мнением сторонников зацепления Новикова, не следует тягаться с «отличниками», сотворившими данную публикацию и многие другие подобные ей материалы.

В качестве «ярчайшего» образца творения человеческой мысли приведу взятые из публикации отдельные слова, словосочетания и фразы: «редакция проигнорировала», «проведение некоей своей линии», «дискредитация

зацепления Новикова», «сенсация Парубца», «весь ход дискуссии сопровождался постоянным, доходящим до неприличия славословием!!!», «полное отсутствие какой-либо доказательной базы», «переход на личности», «внес раскол между...», «беспочвенные и оскорбительные выводы», «выступал в роли адвоката один В.И. Парубец при помощи молчания других???»», «редакция не понимает своей роли», «взялась за дело, которое ей просто не по зубам», «замалчивание научных доводов!!! сторонников зацепления Новикова», «бесцеремонное вмешательство В.И. Парубца в личные дела сторонников зацепления Новикова», «опусы В.И. Парубца, неуместные в научно-технической литературе» и т.п. Аналогичными эпитетами наделен и Г.А. Журавлев.

Убедительно вас прошу – задумайтесь над сказанным вами, снизойдите до приемлемой лексики, используемой в дискуссиях, а уж потом, если в этом будет необходимость, призывайте всех к корректности.

**Второе.** Не кажется ли вам, уважаемые участники совещания, что вы в количестве 12 человек, равном числу присяжных, устроили коллективный суд над Редакцией и её главным редактором. А ведь В.И. Парубец при «всех его вопиющих безобразиях», приписанных ему вами, не обратился к некоему коллективу в количестве 12 человек, чтобы «заклеймить» ваши «разрушительные» действия. По-видимому, всем нам надо серьезно задуматься над этим.

**Третье.** Вы упрекаете часть оппонентов в том, что они не знают зацепления Новикова, причем некоторые из них «каются» перед вами за свои незнания.

В связи с этим хочу отметить, что мною, наряду с исследованиями эвольвентных зубчатых передач, выполнены исследования применительно к передачам Новикова на следующие темы: контактная прочность пространственного точечного зацепления применительно к зубьям системы Новикова ОЛЗ и ДЛЗ с учетом и без учета влияния нелинейной зависимости между упругими перемещениями зубьев и возникающими в них напряжениями; контактная прочность зубьев системы Новикова при наличии перекоса зубьев;

влияние приработки зубьев на контактную прочность зацепления Новикова; контактная прочность зубьев системы Новикова с учетом продольной модификации зубьев; контактная прочность передач Новикова с эллиптическими, эллипческо-круговыми боковыми профилями зубьев, зубьев с линейно-точечным контактом; разработка нового практического метода расчета передач Новикова с пространственным точечным зацеплением на контактную прочность и т.д. К сказанному следует добавить, что большая часть разработок защищена патентами на изобретение. Таким образом, мои разработки и исследования, надеюсь, не потребуют моего «покаяния».

А теперь о технической сути публикации или, как утверждается, о научной сути, хотя научная суть здесь не просматривается. В связи со сказанным рассмотрим природу, т.е. сущность зацепления Новикова, которая является объективным фактором и не зависит от нашего субъективного восприятия.

1. При входе и выходе зубьев системы Новикова из зацепления нагрузка прикладывается на торцах зубьев. При этом максимальный изгибающий момент вследствие торцевого приложения нагрузки возрастает вдвое по сравнению с эвольвентным зацеплением (см. метод отображения изгибающих моментов), что является серьезным недостатком передач Новикова.

2. В публикации указано, что «контактная прочность передач Новикова как минимум в 2–3 раза выше, чем эвольвентных...». Далее там же, что при «использовании контура РГУ-5 передачи Новикова показали превышение контактной прочности более чем в 3 раза, а изломной – на 30–40% по сравнению с эвольвентными аналогами».

Уважаемые участники коллективного обсуждения! Контактная прочность предполагает действие контактных напряжений. А если это так, то тогда нагрузочная способность передач Новикова по сравнению с упомянутыми аналогами эвольвентных передач будет выше в  $2^3-3^3$ , т.е. в 8–27 раз, что невозможно.

В действительности «в 2–3 раза» означает повышение контактной прочности зацепления Новикова не в 2–3 раза, а в  $\sqrt[3]{2} \dots \sqrt[3]{3} = 1,26 \dots 1,44$  раза по сравнению с эвольвентным зацеплением. Поэтому прежде чем критиковать Г.А. Журавлева за какие-то неточности в определениях, вы должны сами знать, чем контактная прочность зацепления отличается от нагрузочной способности зацепления по контактными напряжениям.

3. Увеличение нагрузочной способности зацепления Новикова в 3 раза означает возрастание действующей нагрузки также в 3 раза. Что же мы имеем? За счет торцевого приложения нагрузки изгибающий момент возрос в 2 раза; за счет увеличения нагрузки – еще в 3 раза, а в итоге – в  $2 \times 3 = 6$  раз. При 6-кратном увеличении изгибающего момента по сравнению с эвольвентным зацеплением напряжение изгиба уменьшилось к тому же на 30–40% в зацеплении Новикова. С учетом указанных 30–40% изгибающий момент возрастает уже в  $(1,3 \dots 1,4) \cdot 6 = 7,8 \dots 8,4$  раза.

Таким образом, при торцевом взаимодействии зубьев изгибающий момент возрастает в 7,8–8,4 раза, а изгибная прочность выпукло-вогнутых зубьев при этом эквивалента эвольвентным зубьям. Чудеса да и только. Вы часто употребляете термин «научное оппонирование». Тогда что же мешает вам включить в арсенал доказательств вашу науку, которая, как представляется, существует для вас в виртуальном воображении.

Как видите – обвинять других в «бездоказательности» отдельных фактов легко и просто. Но как только речь заходит о доказательности ваших утверждений и положений, то этой доказательностью и не пахнет. Вы постоянно ссылаетесь на всевозможные источники, включая зарубежье, но при этом не привели ни одной зависимости, ни одного достойного решения контактной задачи либо решения задачи, связанной с изгибной прочностью выпукло-вогнутых зубьев.

4. Контактная прочность зацепления Новикова с точечным касанием выпукло-вогнутых зубьев зависит, как следует из выполненных исследований [1], от абсолютных величин радиусов кривизны  $\rho_w = \rho_a \cdot \rho_f / (\rho_f - \rho_a)$  и

$$R_{np} = \frac{d_{wi}U}{2(U \pm 1)\sin \alpha_K \cdot \cos \beta \cdot \sin^2 \beta},$$

а также от соотношения между указанными радиусами кривизны, выраженного коэффициентом  $\alpha = \sqrt{\rho_w/R_{np}}$ .

При зацеплении выпукло-вогнутых зубьев системы Новикова значения радиусов  $\rho_w$  и  $R_{np}$  изменяются примерно в таких пределах:  $\rho_w = 27,5 \dots 87,5$  мм;  $R_{np} = 1100 \dots 3200$  мм. Получить большее значение радиуса  $R_{np}$  не представляется возможным в силу того, что линия контакта перемещается в направлении почти перпендикулярном направлению зуба – в этом заключена объективная сущность рассматриваемого зацепления, изменить которую не представляется возможным.

Следовательно, снижение контактных напряжений в зацеплении Новикова по сравнению с эвольвентным зацеплением является небольшим [1], и оно не может обеспечить повышения нагрузочной способности данного зацепления в 3 и более раз.

5. Все ссылки на данные зарубежных и отечественных источников литературы о необыкновенных качествах зацепления Новикова даны в интерпретации авторов: при этом не указан ни один источник, не приведена ни одна зависимость, не сделан ни один расчет. А верить публикации на «голом слове» – по меньшей мере, несерьезно.

Практически весь текст публикации пронизан словесными и беспрекословными утверждениями по принципу: «это хорошо», а «это плохо». Не хочется повторяться, но повторюсь: а где же наука, на которой вы настаиваете? Ее просто нет. Далее в публикации поднимается вопрос по контактно-гидродинамической задаче применительно к передачам Новикова с последующим утверждением, что указанная задача сложна, а ее решение отсутствует. Ну откуда такие сведения? Вы же не специалисты в области трибологии, не владеете состоянием вопроса по данной теме. И тем не менее делаете заявления. Такая задача решена. Она является пространственной, так как учитывает наличие торцевых утечек смазки. Решение выполнено с учетом

влияния переменной вязкости масла, зависящей от давления по Барусу, и с учетом контактных деформаций зубьев. Если Редакция сочтет возможным, то я могу представить такое решение.

6. Вы упрекаете Г.А. Журавлева в том, что он пытался и пытается доказать и показать скрытые резервы традиционных эвольвентных зубчатых передач, исходя из рассмотрения новых расчетных моделей контакта, например, модели контакта двух цилиндров с пересекающимися осями. Г.А. Журавлев все делал правильно. Таких людей надо уважать, а не наклеивать на них ярлыки.

Я понимаю Ваше огорчение, но у традиционных эвольвентных зубчатых передач есть резервы повышения их нагрузочной способности по контактным напряжениям и улучшения эффективности работы. Один из резервов – начальный точечный контакт эвольвентных зубьев [2–4]. Наряду с указанным резервом существуют и другие резервы, например, модель контакта двух упруго сжатых цилиндров с перекрещивающимися относительно друг друга осями на угол  $\theta = (7...12) \cdot 10^{-3}$  рад. Информацию по указанным новым техническим решениям можно найти в [5–8].

7. Безусловного внимания заслуживает расчетная модель контакта двух цилиндров с пересекающимися осями [9, 10].

В данном случае речь идет о перекосах зубьев относительно друг друга на угол  $\psi$ , вследствие которых наблюдается точечный торцевой контакт зубьев. При этом угол  $\psi$  с учетом ныне существующих рекомендаций не должен превышать 0,001 рад.

При  $\psi = 0,001$  рад эвольвентные зубчатые передачи с линейным контактом зубьев практически неработоспособны [10]. Однако по мере уменьшения угла  $\psi$  (точечный контакт зубьев при этом сохраняется) до значения  $\psi_{\min}$  максимальные контактные напряжения уменьшаются до величин напряжений, имеющих место в полюсе зацепления зубьев при  $\psi = 0$  (формула Герца) применительно к линейному контакту зубьев. Далее при  $\psi < \psi_{\min}$  в

определенных пределах изменения угла  $\psi_{\min}$  контактные напряжения снижаются.

Как видите, Г.А. Журавлев шел в правильном направлении. Я лично не знаком с Г.А. Журавлевым, однако, его подходы к рассмотрению целого ряда проблем говорят о том, что он наделен качествами настоящего исследователя. И таких людей я уважаю, но не тех, кто берет за основу, например, известную пространственную классическую задачу Герца и грубо искажает ее классику, а затем, как ни в чем не бывало, выступает в роли главного защитника передач Новикова и обвинителя оппонировавшей противоположной стороны. От таких прилипал к науке следует избавляться.

8. Название публикации под заголовком «Совершенствование зубчатых передач Новикова остается одним из важнейших направлений развития редукторостроения» является не только тенденциозным, но и ошибочным. Развитие редукторостроения не определялось, не определяется и никогда не будет определяться зубчатыми передачами Новикова, доля которых от объема выпускаемых классических эвольвентных зубчатых передач находится на уровне, не превышающем 1%. Сегодня трудно назвать отрасль машиностроения, которая бы не выпускала эвольвентные зубчатые передачи. В этих отраслях нет и никогда не будет места передачам Новикова в силу целого ряда объективных причин, о которых достаточно сказано на страницах журнала «Редукторы и приводы».

Указанное название публикации наводит на мысль, что участники так называемого обсуждения не имеют четких представлений о том, какие требования предъявляются к современному редукторостроению, часть из которых, например, к судовому редукторостроению озвучу: очень большие передаваемые мощности – от 40 до 100 МВт; высокие окружные скорости от – 150 до 225 м/с; значительное снижение весогабаритных показателей – в 1,3–1,6 раза; существенное улучшение виброакустических характеристик – шум около 75–80 дБ, вибрация не более 20–25 g; снижение мгновенного повышения температуры в зоне контакта зубьев – с 380–450 °С до приемлемых величин с целью избежания явления заедания зубьев; переход с косозубых и шевронных

зубчатых колес на прямозубые колеса, обеспечивающие достаточную нагрузочную способность и необходимое торцевое перекрытие зубьев; разработка принципиально новых технических решений применительно к эвольвентным зубчатым передачам.

Сегодня как никогда остро стоит проблема отвода тепла из зоны контакта зубьев быстроходных передач – речь идет об охлаждении зубьев, расходе масла, давлении, скорости подачи и т.д.; о конструкциях жиклеров и местах подачи смазки – вход или выход зубьев из зацепления, торцевые участки зубьев; о негативном влиянии барботажных явлений при распылении охлаждаемой жидкости. Есть сведения, что во избежание отрицательного влияния барботажа подаваемой жидкости на работу зубчатых передач в полости редукторов помещаются специальные камеры для охлаждения масла.

Вот та часть проблем, без решения которых невозможно дальнейшее развитие современного редукторостроения. Следует отметить, что большая часть указанных и других проблем в настоящее время нами успешно решается.

9. В публикации сетуется на то, что «оппоненты противоположной стороны в большинстве своем мало знакомы, а чаще вообще не знакомы с исследованиями по зацеплению Новикова, особенно выполненными за последние 15–20 лет, некоторые из них честно признавались в своих откликах, что не являются специалистами в данной области (?), в связи с чем нередко пользуются для аргументации недостоверными сведениями, слухами и т.п.» Назовите это «большинство», «некоторое из которых...», тогда можно будет понять: кто есть кто. Указанные заявления даже не тянут на роль словословия, а представляют собой понятные намеки на непонятные обстоятельства. И это называется «научной» дискуссией.

Смею задать вопрос: а знаете ли вы о разработках в области эвольвентных зубчатых передач, выполненных за более короткий срок, например, за последние пять лет этого века? Знаете ли вы о разработанной методологии теоретических исследований контактной прочности упруго-сжатых полупространств с начальным линейным либо точечным касанием, ограниченных поверхностями? Знаете ли вы о новых технических решениях в



области передач Новикова с нетрадиционными моделями контакта выпукло-вогнутых зубьев (эллиптические, эллиптически-круговые профили зубьев и т.д.)? Я мог бы долго перечислять новые технические решения, распространенные примерно на 50 новых расчетных моделей контакта применительно к любым зубчатым передачам с произвольной формой зубьев, но не стану этого делать.

Вы не знаете этого и, по-видимому, не хотите знать, так как все ваши старания и усилия направлены на сохранение только лишь своего образа мышления и своего представления о передачах Новикова.

10. В публикации с упорством, возведенным в ранг абсолютизма, утверждается: «никаких резервов эвольвентных зубчатых передач обнаружить **невозможно**», «нагрузочная способность традиционных эвольвентных передач **давным-давно определена** испытаниями и практикой эксплуатации», «то, чем занимается Г.А. Журавлев – это попытки усовершенствования методов расчета», «подобные попытки предпринимались и другими исследователями».

Как можно выносить на страницы журнала подобное утверждение, не зная тонкостей и нюансов контактного взаимодействия зубьев, не располагая какими-либо собственными исследованиями в указанной области и не будучи знакомыми с исследованиями других авторов?

Что касается попыток Г.А. Журавлева и других не названных в публикации исследователей в изучении контактной прочности зубчатых передач с учетом собственных подходов, воззрений и восприятия сущности контактного взаимодействия упругих тел, то именно на основе таких попыток закладываются фундаментальные основы для понимания тех или иных процессов разработки новых технических решений и методов расчета. Именно такие попытки дают толчки к развитию науки вообще и редукторной в частности.

Я знаю некоторых из участников обсуждения. В связи с этим мне трудно понять, что этим уважаемым мною людям присуща бедность мышления и понимание всего того, что присутствует в публикации.

Возьму на себя смелость предположить, что эти люди к данной публикации непричастны. Как они попали в круг лиц, участвующих в т.н.

совещании, не берусь судить. Но уверен в одном, что у них, как и у большинства трезвомыслящих людей, времена романтизма по отношению к передачам Новикова, характерные для СССР, сейчас, в условиях рыночных отношений, сменились трезвым прагматизмом.

11. Меня удивляет тот факт, что, оказывается, на постсоветском пространстве есть «Институт редукторостроения», о котором специалисты в области зубчатых передач узнают впервые. Подскажите его адрес или хотя бы сообщите, чем он занимается.

Меня не только удивляет, но и настораживает тот факт, что уважаемый мною «Вестник машиностроения» вынес на свои страницы данную публикацию, в которой четко просматриваются тенденции обвинительного содержания в адрес противоположной оппонирующей стороны, выстроенные на основе «доказательств» сплошной бездоказательности. Уважаемый журнал при этом даже не сделал намека на то, чтобы противоположная сторона ну хотя бы ответила на выдвинутые против нее обвинения.

Хотелось бы знать, что побудило «Вестник машиностроения» опубликовать подобную статью? Глубокие убеждения в правоте публикации, далекой не только от науки, но и от дискуссии, или нечто иное? Тогда что же даст указанная публикация молодому поколению, которое в недалеком будущем придет нам на смену и однажды ознакомится с ее содержанием? Думаю – ответ ясен.

### **Краткие выводы**

1. Публикация изобилует обвинениями в адрес В.И. Парубца и Г.А. Журавлева по той простой причине, что указанные лица осмелились высказать свое мнение по передачам Новикова, которое затронуло следующие вопросы: сущность зацепления Новикова, его место и роль в современном редукторостроении, возможные области применения и перспективы дальнейшего развития.

2. Публикация построена на необъективном восхвалении передач Новикова и отрицании перспектив дальнейшего совершенствования и развития

традиционных эвольвентных зубчатых передач со всевозможными ссылками на неуказанные источники, включая зарубежные.

3. Доказательная база как таковая отсутствует. Да и откуда ей быть, если среди сторонников зацепления Новикова нет лиц, внесших серьезный вклад в контактную прочность зубьев. Непосредственные попытки некоторых из них [11] «приклеить» известную классическую формулу Герца с точечным контактом упруго сжатых тел к выпукло-вогнутому зацеплению Новикова привели к искажению классики Герца и результатам, не имеющим ничего общего с указанным зацеплением.

4. В то же время имеющиеся решения в области контактной прочности применительно к передачам Новикова, раскрывающие сущность данного зацепления и указывающие на невозможность получения высокой нагрузочной способности по контактным напряжениям в зацеплении Новикова, авторами публикации замалчиваются. Указанное замалчивание вызвано либо причинами незнания этих работ, либо причинами опровержения данными решениями рекламируемых авторами публикации очень высоких показателей контактной и изгибной прочности зубьев системы Новикова

### **Библиография**

1. Попов А.П. Передачи с точечной системой зацепления эвольвентных зубьев. – Сайт [www.reduktor-news.ru](http://www.reduktor-news.ru).

2. Попов А.П., Каиров А.С. Зубчатая передача с эллиптическими образующим боковых поверхностей эвольвентных зубьев // Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. «Надежность и долговечность механизмов элементов конструкций и биомеханических систем» – Севастополь, НТУ, 2006. – С. 22-27.

3. Попов А.П., Каиров А.С. Контактная прочность зубчатых передач с точечной системой зацепления эвольвентных зубьев // Міжнар. збірник наукових праць «Прогресивні технології та системи машинобудування». Донецьк: ДВНЗ «ДНТУ». – 2007. – С. 208-216.

4. Попов А.П. Зубчатая передача Попова А.П. С точечной системой зацепления профильно модифицированных зубьев (трехмерная модификация) // Тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. «Современные проблемы триботехники». – Николаев: НУК, 2007. – С. 19-21.

5. Попов А.П., Каиров А.С. Цилиндрическая передача с точечным контактом зубьев цилиндрическо-конических колес // Тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. «Современные проблемы триботехники». – Николаев: НУК, 2007. – С. 25-27.

6. Д.п. №16691 на корисну модель. Україна. Евольвентна зубчата передача з точковим контактом зубів / Попов А.П., Каиров О.С. – u200602435; Заявл. 06.03.06; Опубл. 15.08.06. Бюл. № 8.

7. Патент № 25078 на корисну модель. Україна. Евольвентна зубчата передача / Попов О.П. – u 20070885; Заявл. 19.03.07; Опубл. 25.07.07. Бюл. № 11.

8. Патент № 26451 на корисну модель. Україна. Евольвентна зубчата передача / Попов О.П – u 20070885; Заявл. 18.04.07; Опубл. 25.09.07. Бюл. № 15.

9. Патент № 77304 на винахід Україна. Зубчата передача з криволінійними твірними зубів / Попов О.П – а 2004121281; Заявл. 14.02.04; Опубл. 15.11.06. Бюл. № 11.

10. Попов А.П., Каиров А.С. Контактная прочность эвольвентного зацепления с учетом перекося зубчатых колес // Міжнар. збірник наукових праць «Прогресивні технології та системи машинобудування». – Донецьк: ДонНТУ, 2007. – Вип. 34. – С. 183-189.

11. В.Н. Короткин, Ю.Д. Харитонов. Зубчатые передачи Новикова. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета. – 1991. – 207 с.