

А.С. ЯКОВЛЕВ, к.т.н., доц., директор ООО "СПИН", Орел, Россия

НОВИКОВ МИХАИЛ ЛЕОНТЬЕВИЧ В ВОСПОМИНАНИЯХ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК ЯКОВЛЕВА А.С.

Статья посвящена 100-летию со дня рождения доктора технических наук, профессора М.Л. Новикова, создателя круговинтовой системы зацепления. Автор, который лично знал М.Л. Новикова, вспоминает о встречах с ним, анализирует достижения и проблемы в области внедрения передач Новикова. Рассмотрен вклад в развитие зацепления М.Л. Новикова ведущих советских ученых "зубчатников", продолживших исследования после его кончины. Также кратко рассмотрена возможность образования передачи М.Л. Новикова классическими методами Виллиса и Оливье.

Ключевые слова: зубчатая передача, зацепление М.Л. Новикова, контактная прочность.

В 1956 году доктор технических наук, профессор, начальник одной из кафедр ВВИА им. Жуковского выступал с лекцией о новом "точечном зацеплении предназначенном для высоконагруженных зубчатых передач" на Коломенском Паровозостроительном (ныне 3-д Тепловозостроительный), где я работал с 1950 года инженером и в это время был аспирантом ВНИТИ (без научного руководителя).

В ответ на мою просьбу стать моим научным руководителем Михаил Леонтьевич дал мне экземпляр своей диссертации и предложил (в качестве испытания, как я понял) мне разобраться в ней и посчитать вариант заводской передачи.

Через месяц я приехал к нему в академию ВВИА им. Жуковского с чертежами заводских передач и в дальнейшем посещал его там неоднократно. Переговоры о его научном руководстве продвигались достаточно успешно, но осуществлению этих планов помешала болезнь и преждевременная кончина М.Л. Новикова.

Михаил Леонтьевич был одержимым, беспредельно преданным науке, и прежде всего скромным, благородным и внимательным человеком и объективным собеседником, без тени чванства и амбиций. Приведу характерные примеры. Приехав первый раз в ВВИА, я привез чертежи двух вариантов заводской передачи с зацеплением Новикова, причем один из вариантов был ДЛЗ (отсутствовал в его диссертации).

На зубчатых колесах обоих вариантов мною были посчитаны общие нормы, увидев которые Михаил Леонтьевич сказал, что в его зацеплении общая нормаль отсутствует.

Я стоял на своем и доказывал существование нормали. Присутствовавшие при этом его аспиранты Р.В. Федякин и В.А. Чесноков, а также аспирант ИМАШ АН СССР Н.Н. Краснощеков дружно стали доказывать отсутствие общей нормали. Завязалась дискуссия.

В итоге Михаил Леонтьевич спокойно сказал: "Он прав общая нормаль существует", сказал это спокойно с одобряющей меня улыбкой.

И еще. Во время одной из наших бесед к нему подошла секретарь и сказала, что его срочно вызывает генерал-лейтенант, начальник Академии. Михаил Леонтьевич сказал мне: "Извините, Анатолий Сергеевич, я постараюсь освободиться как можно скорее" и обращаясь к помощникам: "Роман Васильевич, Виктор Алексеевич, займите, пожалуйста, Анатолия Сергеевича". Он в то время начальник кафедры, полковник ВВИА, доктор технических наук, профессор, а я-то всего молодой задиристый инженер! Много ли Вы встречали руководителей, так бережно обходящихся с собеседниками, стоящими на столько рангов ниже?

© А.С. Яковлев, 2015

А кому из Вас, в том числе и автору, не приходилось часами ждать приема какого-нибудь чиновника высокого ранга, единственным достоинством которого был его высокий ранг?

Непосредственно после защиты диссертации [1] Михаил Леонтьевич развернул бурную деятельность по внедрению предложенных им передач в промышленность, в чем ему активно помогали Р.В. Федякин и В.А. Чесноков. За короткий промежуток времени в процесс исследования и внедрения новых передач были вовлечены десятки ВУЗов, НИИ, заводов и сотни энтузиастов.

За прошедшие более полувека промышленностью выпущено сотни тысяч редукторов с новым зацеплением, в том числе около тысячи на малом предприятии автора (ООО "СПИН" г. Орел). Одновременно работа Новикова явилась толчком к активизации исследования классических передач. Научными, экспериментальными и промышленными исследованиями на сегодня доказано, что новое зацепление повышает прочность зубчатых передач низкой и средней твердости в 1,5-2 раза.

Что касается передач высокой твердости, то и здесь на сегодня достигнуты некоторые успехи [2], несмотря на несовершенство технологии.

Автору неизвестны результаты работы или испытаний передач с зацеплением Новикова $HRC=60$ зубошлифованных (с регулируемой правкой шлифовального круга алмазом, как это делается при шлифовке зубчатых колес с эвольвентным зацеплением).

Правка шлифовального круга стальным роликом-шарошкой примитивна, трудоемка и некачественна, что в сочетании с относительно редкой правкой, ведет к недостаточной точности и засаливаемости камня, неизбежно приводит к образованию микротрещин у ножки зуба и, как следствие, к излому зубьев при низких нагрузках, с чем автор сталкивался непосредственно.

К сожалению, за прошедшие более полувека технологические возможности зубообработки зацепления Новикова на заводах общего машиностроения не только не улучшились, а заметно ухудшились в связи с общим плачевным состоянием общего отечественного машиностроения и инструментальной промышленности, что привело к сокращению выпуска редукторов с зацеплением Новикова.

Так, если в начале 90-х годов в редукторах фирмы автора доля зубчатых колес с зацеплением Новикова составляла около 70-80%, то в настоящее время она снизилась до 10-15%. Автор верит, что новые достижения в области зубчатых передач Новикова безусловно появятся при возрождении отечественного машиностроения.

Вернемся на 50-60 лет назад и вспомним как восприняли в то время новое зацепление ведущие ученые "зубчатники".

Альфред Иванович Петрусевич, доктор технических наук, профессор ИМАШ АН СССР, теоретик, экспериментатор и практик, автор контактно-гидродинамической теории зубчатых передач, глава отечественных "зубчатников" того времени. В середине 50-х годов прошлого века, только что вернувшийся из Англии, где он был советским техническим представителем, ознакомились с диссертацией Новикова и результатами экспериментального исследования новых передач, горячо поддержал его.

Мне, в то время работавшим над своей кандидатской диссертацией, страшно повезло – Альфред Иванович, прослушав мой доклад на одной из конференций, предложил мне себя в качестве первого оппонента, чему я, разумеется, несказанно обрадовался.

В связи с этим я неоднократно посещал его в ИМАШе в его кабинете, отгороженном в общем зале шкафами, где он за большим столом с большой, ле-

гендарной, полуметровой логарифмической линейкой, в съезжающих на нос очках, вечно что-то проверяя, считал (позже такой труд охарактеризовал Роберт Виннер словами: "Смысл вычислений – понимание, а не числа".)

В объективности его положительной оценки работы М.Л. Новикова сомневаться не приходится.

Владимир Александрович Гавриленко. В связи с отказом командованием ВВИА мне в научном руководстве М.Л. Новикова, я обратился с соответствующей просьбой к В.А. Гавриленко, на что он согласился с оговоркой: "Я же геометр, а у Вас прочность, – кроме того у меня 3 китайца, 2 вьетнамца... Все будете делать сами".

Непререкаемый авторитет в области геометрической теории зубчатых передач, потомственный интеллигент, развезжавший (по воспоминаниям старой профессуры МВТУ) по длинным коридорам Императорского Высшего Технического Училища на трехколесном велосипеде, где располагалась и квартира его отца, ректора Училища, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой ТММ МВТУ В.А. Гавриленко, подтвердил новизну нового зацепления, упоминаемая в [3], что метод Оливье не является единственным и указывал в подтверждение этого на метод Новикова, признавая этим его новизну.

Естественно, что после этого я, как его аспирант, часто встречался с Владимиром Александровичем, присутствовал на юбилее его 75-ти летия в ресторане "Пекин", где число его гостей, в большей части его учеников, кандидатов и докторов наук, со всего Союза и зарубежных стран превышало сотню.

Владимир Николаевич Кудрявцев. Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Ленинградского Военно-механического института (ЛМИ) приветствовал появление нового зацепления и активно включился в теоретические и экспериментальные исследования, в том числе в созданной в ЛМИ специально для этого лаборатории зубчатых передач Ленсовнархоза. После кончины А.И. Петрусевича возглавил "зубчатников"-прочнистов СССР.

Разрабатывал, на основе анализа большого количества экспериментальных данных, достаточно надежные экспериментальные формулы для расчета на прочность зубчатых передач Новикова $\leq 35HRC$.

Автор регулярно встречался с Владимиром Николаевичем, в рамках подготовки МР221-86 и исходного контура ГОСТ15023-69: в МР221-86 автором впервые решена, методами теории упругости, задача изгиба бесконечно длинного зуба сосредоточенной силой (аналогично соответствующей плоской задаче, ранее решенной В.Л. Устиненко), а также дана формула для определения осевого коэффициента перекрытия ε_ε

$$\varepsilon_\varepsilon = \varepsilon_\beta + \varepsilon_\phi \geq 1,$$

где ε_ϕ – фазовый коэффициент перекрытия, достигающий в ряде случаев 0,5 и дающий при этом возможность снизить ε_β до $\varepsilon_\beta \geq 0,5$.

В.Н. Кудрявцевым в МР221-66 разработан метод определения точности и геометрических особенностей компоновки передачи.

Очень большое количество работ В.Н. Кудрявцева, посвященное передачам Новикова, говорит о высокой оценке им этих передач.

Роман Васильевич Федякин и Виктор Алексеевич Чесноков. Кандидаты технических наук, доценты ВВИА им. Жуковского, ученики и помощники Новикова.

Не вдаваясь глубоко в теорию, являлись своего рода "прорабами" популяризации и внедрения зубчатых передач Новикова – "рабочими муравьями" – и в этой части, безусловно, добились определенных успехов.

При оценке изгибной прочности ошибочно исходили из того, что напряжение изгиба σ_F обратно пропорционально ширине зубчатого венца, тогда как, в действительности, эквивалентная длина зуба воспринимающая изгиб больше зависит от протяженности пятна контакта вдоль зуба.

Аналогично при оценке контактной прочности исходили из определения контактных напряжений σ_H по известной формуле Герца при сжатии цилиндров с параллельными осями.

Еще будучи начинающим аспирантом, автор показал [4] на примере семейства цилиндрических передач Новикова с постоянными параметрами: a_w – межосевое расстояние, b – ширина зубчатого венца, ε_β – осевой коэффициент перекрытия, что при использовании упомянутой формулы Герца, снижение модуля зацепления m и соответственно угла наклона зубьев β при $\varepsilon_\beta = \text{const}$ приводит к парадоксальному результату

$$\lim_{\beta \rightarrow 0} F_{\text{пр}} = \infty.$$

Эти очевидные противоречия Роман Васильевич и Виктор Алексеевич пытались устранить введением поправочных коэффициентов, что оказалось невозможным, ибо требуемый диапазон таких коэффициентов не уступал самой проблеме.

Результатом явилась завышенная оценка преимуществ нового зацепления: это и утверждение неограниченной области применения нового зацепления сыграло определенную отрицательную роль.

Издержки велики, но, тем не менее, вклад Р.В. Федякина и В.А. Чеснокова может быть оценен как положительный.

Ефим Григорьевич Росливер. Кандидат технических наук, доцент Ростовского Государственного Университета (РГУ), интеллигентный обаятельный человек, отличный математик, известен успешным внедрением конической передачи Новикова троллейбуса и, разработкой геометрического расчета (общего случая) главных радиусов кривизны цилиндрических передач Новикова, результат которого точно совпал с аналогичным расчетом автора, полученным несколько иным способом.

Виктор Ильич Короткин. Кандидат технических наук, доцент РГУ, единомышленник и соратник Ефима Григорьевича, ведущий разработчик ГОСТа 30224-96 "Исходный контур цилиндрических зубчатых передач Новикова $HRC \geq 35$ ". Развернул совместно с кандидатом технических наук *Виктором Яковлевичем Веретенниковым* усталостные испытания зубчатых передач Новикова $HRC \geq 35$, положительные результаты которых опубликованы в [2].

Активно работает в области расчетов на прочность цилиндрических передач Новикова.

Юрий Францевич Коуба. Кандидат технических наук НИПИГОРМАШа. Известен как автор исходного контура для цилиндрических зубчатых передач УРАЛ-2Н.

В 1961г. в ЛКВВИА им. Можайского, проходила Всесоюзная Конференция по зубчатым передачам, на которой автор впервые показал неоспоримое преимущество зубчатых передач Новикова с двумя линиями зацепления над традиционными того времени передачами с одной линией зацепления, после чего началось повсеместное вытеснение передач с 1-й линией зацепления на передачи с 2 линиями. В гостинице мы с Юрием Францевичем оказались соседями по койкам, и он активно интересовался передачами с двумя линиями зацепления и их возможными параметрами.

В последующем появилась серия исходных контуров УРАЛ и достаточно успешное их испытание, что сыграло известную положительную роль при со-

здании исходного контура ГОСТ 15023-69 (впервые конкретно начерченного автором в отделе зубчатых передач ЦНИИТМАШа во время перерыва на обед участников разработки – (М.С. Полоцкий и др.).

Проявили живой интерес и приняли личное участие в разработке геометрической теории и прочности зубчатых передач Новикова такие известные ученые как доктор технических наук Н.И. Колчин, Г.Г. Баранов, Ф.Л. Литвин, К.И. Заблонский, А.Ф. Кириченко, В.Н. Сызранцев, А.Е. Беляев, С.Л. Голофаст и многие другие.

Как уже упоминалось выше, стагнация отечественного машиностроения привели не только к снижению выпуска редукторов с зацеплением Новикова, но и в поисках причин вызвала критической оценки, как достигнутых результатов внедрения, так и особенностей нового метода образования сопряженных передач. Не трата время на "уничижительную" критику со стороны таких "специалистов" как В.И. Парубец, с теоретическим багажом близким к нулю, следует упомянуть к.т.н. Г.А. Журавлева с его невинной концепцией особой роли кривизны, (как будто отсутствует "герцевская" оценка) и с смешанного зацепления (как будто "полтора" может быть больше чем "два"). Особо следует остановиться на новизне самого зацепления и существе самого метода. Ближе всех, по крайней мере внешне, зубчатая пара передач Новикова стоит к ранее предложенной цилиндрической передаче Э. Вильдгабера [5] с зубьями круглыми как в нормальном, так и торцевом сечении, с центром дугового профиля как на делительной окружности, так и вблизи нее, имеющими как головки, так и ножки (аналогично передачам Новикова с одной и двумя линиями зацепления).

Принципиальное отличие очень тонкое: в передаче Вильдгабера разность радиусов кривизны головки и ножки парного зуба очень мала и при приработке исчезает, образуя зацепление с линейчатым контактом.

В зацеплении же Новикова эта разность при приработке стремится к нулю, никогда его не достигая и сохраняя точечный характер контакта. Визуально же и макрометрически они неразличимы.

С этой точки зрения, Э. Вильдгабер – "предтеча" Новикова, и встречаемое на западе определение передач Новикова, как передач Вильдгабера-Новикова, по мнению автора, логично и совсем не зазорно.

Относительно самого метода – пользуясь "этим методом" М.Л. Новиков разработал предложенную им передачу. Этот метод, как таковой, признали такие авторитеты, как В.А. Гавриленко и многие другие.

Можно ли образовывать передачи Новикова классическими методами Виллиса и Оливье?

Конечно можно. Г.Г. Баранов предложил для образования профилей зубьев использовать в методе Оливье две неконгруэнтные кривые с внутренним точечным касанием, д.т.н. проф. Я.С. Давыдов предложил для этой же цели НКПП – неконгруэнтные производящие пары. Автор же показал [6, 7], что цилиндрическая зубчатая пары с точечным зацеплением может быть создана единым исходным контуром методом Оливье (Камуса), достаточно положить:

$$\rho_a^* = \rho_f^* \text{ и } x_\Sigma = 0.$$

Так в цилиндрической передаче Новикова с параметрами:

$$\alpha_w^* = 31,3; \beta = 11^\circ 30'; z_1 = 15; z_2 = 45; x_a^* = 0; x_f^* = 0; x_1 = 15; x_2 = 0,51;$$

$$\rho_a^* = \rho_f^* = 1,15;$$

в контакте головки шестерни с ножкой колеса

$$\rho_{np1}^* = 7,47 \text{ и } \rho_{np2}^* = 441,3,$$

а в контакте головки колеса с ножкой шестерни

$$\rho_{np1}^* = 8,22 \text{ и } \rho_{np2}^* = 439,9,$$

т.е. получено точечное зацепление.

Так же не составит никакого труда получить цилиндрическую зубчатую пару с любым точечным зацеплением при использовании 2-х неконгруэнтных инструментальных реек: первую рейку получим обкаткой по ней (по Камусу) одного колеса, а вторую как конгруэнтную к первой с деформацией контура около точки контакта вовне.

Подводя итоги можно констатировать. Любые формы сопряженных зубьев цилиндрических зубчатых передач могут быть получены обкаткой (одной или двумя инструментальными рейками – теорема Камуса).

Возможность повторения какого-либо достижения другим существующим способом тривиальна и не умоляет ценности этого достижения.

Неоспоримые преимущества при $HRC \leq 35$ и отдельные положительные результаты для передач с $HRC \geq 35$, а также теоретические предпосылки дают все основания надеяться на хорошую перспективу дальнейшего развития этих передач.

В заключение стоит привести замечание д.т.н. Вениамина Иосифовича Гольдфарба, принимавшего участие во всех крупных международных конференциях по зубчатым передачам, о том, что передачи Новикова применяются и развиваются за рубежом гораздо активнее, чем у нас.

Тем более отечественные ученые и специалисты промышленности должны удвоить усилия по преодолению трудностей на пути широкого внедрения в промышленность точных высокотвердых зубчатых передач Новикова.

Михаил Леонтьевич Новиков прожил короткую жизнь-подвиг и оставил в "звездном небе" науки яркий след метеорита. Отдав до конца все силы Отечеству, он ушел от нас под залпы ружейного салюта, как настоящий воин.

Список литературы: 1. Новиков М.Л. Основные вопросы геометрической теории точечного зацепления, предназначенного для зубчатых передач большой мощности": Дисс... докт.техн.наук. – М., 1955. 2. Веретенников В.Я., Короткин В.И., Болдырева Л.Г. Исследование нитроцементованных цилиндрических зубчатых передач Новикова для редукторов общего назначения // Вестник машиностроения. – 1984. – №6. 3. Гавриленко В.А. Зубчатые передачи в машиностроении. – М.: Mashgiz, 1962. – 532с. 4. Яковлев А.С. О новом эвольвентном зацеплении // Сборник работ молодых и кадровых специалистов. – Коломна: Изд-во Коломенского тепловозостроительного завода, 1959. 5. Wildhaber E. Helical Gearing // United States Patent Office. – Patented Oct.5, 1926. 6. Яковлев А.С. Корригирование и технологичность цилиндрических зубчатых передач с зацеплением Новикова // Прогрессивные процессы обработки зубчатых и червячных передач: Труды Всесоюзного совещания "Технология и качество зубчатых и червячных передач". 7. Яковлев А.С., Моисеенко А.А. Регулирование локализации контакта зацепления Новикова смещением исходного контура // Известия ВУЗов. Сер. Машиностроение. – 1989. – №10.

Bibliography (transliterated): 1. Novikov M.L. Osnovnye voprosy geometricheskoj teorii tochechnogo zacepleniya, prednaznachennogo dlja zubchatyh peredach bol'shoj moshhnosti": Diss... dokt.tehn.nauk. – Moscow, 1955. 2. Veretennikov V.Ja., Korotkin V.I., Boldyreva L.G. Issledovanie nitrocementovannyh cilindricheskih zubchatyh peredach Novikova dlja reduktorov obshhego naznachenija // Vestnik mashinostroeniya. – 1984. – №6. 3. Gavrilenko V.A. Zubchatye peredachi v mashinostroenii. – Moscow: Mashgiz, 1962. – 532p. 4. Yakovlev A.S. O novom evol'ventnom zaceplenii // Sbornik rabot molodyh i kadrovyyh specialistov. – Kolomna: Izd-vo Kolomenskogo teplovozostroitel'nogo zavoda, 1959. 5. Wildhaber E. Helical Gearing // United States Patent Office. – Patented Oct.5, 1926. 6. Yakovlev A.S. Korrigirovanie i tehnologichnost' cilindricheskih zubchatyh peredach s zacepleniem Novikova // Progressivnye processy obrabotki zubchatyh i chervyachnyh peredach: Trudy Vsesojuznogo soveshhanija "Tehnologija i kachestvo zubchatyh i chervyachnyh peredach". 7. Yakovlev A.S., Moiseenko A.A. Regulirovanie lokalizacii kontakta zacepleniya Novikova smeshheniem ishodnogo kontura // Izvestija VUZov. Ser. Mashinostroenie. – 1989. – №10.

Поступила (received) 27.05.2015