

ХРОНИКА СОБЫТИЙ, ИЛИ КАКИЕ ЖЕ РЕЗУЛЬТАТЫ БЫЛИ ПОЛУЧЕНЫ НА САМОМ ДЕЛЕ

А.Л. Филипенков, д.т.н., проф.



Александр Леонидович Филипенков – доктор технических наук, профессор, один из ведущих специалистов в России и за рубежом в области расчета редукторов на основе планетарных передач, автор многих коллективных монографий по данной тематике. Ученик известнейшего в мире специалиста в области зубчатых передач Владимира Николаевича Кудрявцева, Александр Леонидович работает в Военмехе уже около сорока лет. Здесь он защитил кандидатскую и докторскую диссертации, в этих стенах руководил отраслевой научно-исследовательской Лабораторией прочности зубчатых передач, основанной Владимиром Николаевичем, и преподавал в аспирантуре. Ученого неоднократно приглашали для чтения лекций за рубежом. Сегодня, являясь профессором кафедры «Детали машин» Балтийского технического университета (бывшего Военмеха) в Санкт-Петербурге, Александр Леонидович регулярно принимает активное участие в конференциях СНГ по зубчатым передачам, работает с аспирантами и продолжает вести научную работу.

В науке и технических приложениях широко используют разнообразные модели: кинематические, динамические, напряженного состояния, накопления повреждений, перехода к предельному состоянию, и другие. Несовершенство большинства используемых

моделей в области оценки несущей способности зубчатых передач компенсируют проведением более или менее обширных экспериментов, а в ряде случаев эксперимент имеет просто решающее значение, в частности в вопросе о возможности внедрения передач с

зацеплением Новикова. Именно эксперимент является ведущим, ведь одно дело – «на кончике пера» доказать, например, что та или иная передача или тот или иной контур является наилучшим и судить о его несущей способности, но другое уже дело – подтвердить эти теоретические результаты испытаниями. В этой связи некоторые положения, выдвинутые Г.А. Журавлевым в его статье, кажутся мне некорректными.

Что же получается: мы можем в течение многих лет благополучно использовать в своих расчетах формулу Герца, а потом, в одночасье, сказать, что формула Герца – это неверный подход и виноват в этом М.Л. Новиков?! Фактически, автор этой статьи всю вину за невнедрение передач Новикова возложил на ошибочные выводы М.Л. Новикова.

Виктор Иванович Смирнов, специалист кафедры «Детали машин», проводивший в семидесятые годы экспериментальные исследования передач Новикова на нашей кафедре в Военмехе, очень резко выразился по этому поводу. Точку зрения о причинах невнедрения передач Новикова, основанную на выводах специалистов нашей кафедры, я и излагаю далее.

Говоря о научном наследии М.Л. Новикова, в первую очередь сошлюсь на статью, написанную мною о В.Н. Кудрявцеве (*статья подготовлена к опубликованию в журнале «Редукторы и приводы» – Ред.*). В ней я попытался осветить ту работу в области зацеплений Новикова, которая была начата в нашем вузе более полувека назад и у истоков которой стоял Владимир Николаевич. Он руководил исследованиями, проводившимися на так называемых мягких колесах (твердость ниже 350 НВ), и уже тогда в нашей лаборатории были получены первые серьезные результаты. Ответственным за проводимую работу в экспериментальном плане был Иван Иванович Арефьев [1, 2].

В нашей лаборатории были получены обнадеживающие результаты по несущей способности, лимитируемой контактной выносливостью. Она оказалась в два раза выше, чем у эвольвентных передач такой же невысокой твердости. В результате этих исследований передачи Новикова были внедрены в промышленность, а итогом этих работ стала разработанная на нашей кафедре первая методика прочностного расчета передач Госстандарта с твердостью менее 350 НВ.

Кстати, в этих же исследованиях была выявлена невысокая изгибная выносливость зубьев, что наложило определенные ограничения на область применения передач. Их, по мнению И.И. Арефьева, нецелесообразно использовать в приводах кратковременного действия с высокими нагрузками, что имеет место, например, в грузоподъемных машинах при так называемом легком режиме нагружения.

Таким образом, на базе именно этих работ первоначально обрисовалась область, где передачи Новикова могут быть внедрены.

В 70-е годы были продолжены исследования передач Новикова, но уже с высокой поверхностной твердостью. Эти экспериментальные исследования проводились по

заказу ВНИИРедуктор. Работы выполнялись на хозяйственных началах с незначительным объемом финансирования (менее 15% планового объема лаборатории), то есть фактически держались на энтузиазме сотрудников – специалистов нашей кафедры, среди которых были Станислав Николаевич Ким, Виктор Иванович Смирнов, Геннадий Дмитриевич Малышев и многие другие. Руководил ими Владимир Николаевич Кудрявцев. Ответственным исполнителем от ВНИИРедуктора была Эмма Николаевна Галиченко.

В ходе этих исследований была выявлена низкая изгибная выносливость поверхностно-упрочненных зубьев, практически исключившая возможность применения таких передач взамен эвольвентных аналогичной твердости.

... Одну фразу из зарубежного аналитического обзора порой цитировал Владимир Николаевич Кудрявцев: « новиковское зацепление – это зацепление, хорошо отвечающее возможностям слабо развитых стран, где нет хорошего технологического оборудования для получения точных высокотвердых эвольвентных зубчатых передач...»

А.Л. Филипенков

С этим выводом согласились, в основном, все исследователи, занимавшиеся в то время анализом прочности передач с зацеплением Новикова. И, как результат совместных усилий отечественных исследователей, в 1986 году появились методические рекомендации Госстандарта на прочностной расчет передач Новикова с твердостью выше 350 НВ. Следует заметить, что эта методика основывалась на экспериментах с нешлифованными зубчатыми колесами, и поэтому точность этих передач была невысокой.

Эта методика и есть тот материал, тот документ, который дает возможность проведения расчетов для определения области применения передач Новикова и показывает, что при высокой твердости эти передачи уступают эвольвентным.

Таким образом, отечественное редукторостроение уже 30 лет тому назад располагало вполне надежной методикой прочностного расчета передач с зацеплением Новикова, из которой следовало, что область их рационального применения взамен эвольвентных может быть только зона низкой твердости.

Здесь уместно привести одну запомнившуюся мне фразу из давнего зарубежного аналитического обзора



(их в те годы в советской прессе было опубликовано немало), которую порой цитировал Владимир Николаевич Кудрявцев. По мнению автора этого обзора, новиковское зацепление – это зацепление, хорошо отвечающее возможностям слаборазвитых стран, где нет хорошего технологического оборудования для получения точных высокотвердых эвольвентных зубчатых передач, где низкий уровень технологического обеспечения, нет парка шлифовальных станков, печей для проведения качественной цементации или нитроцементации.

Замечу, что методики Госстандарта были подготовлены на нашей кафедре и согласованы со всеми заинтересованными сторонами. Сейчас существует два варианта этих методических рекомендаций, один – по передачам невысокой твердости, где мы уверены в результатах и получается положительный эффект [3], и второй вариант – по передачам высокой твердости, где положительных результатов мы не получили [4].

Должен выделить еще такой факт. Уровень шума передач с зацеплением Новикова заметно выше, чем уровень шума эвольвентных передач. Однако порой бывал высоким и дезориентирующий шум вокруг вариантов этих передач, способных повысить несущую способность, в том числе – при высокой твердости без учета фактора реальной точности.

Подводя итог сказанному, замечу, что неперспективность передач с зацеплением Новикова стала нам ясна уже давно, и работа в этом направлении на нашей кафедре уже давно не ведется.

В чем же причины наших неудач в этой области? Не удалось сделать точные твердые передачи с зацеплением Новикова, не выдерживалось межосевое расстояние так точно, как это необходимо. Изгибная прочность зубьев колес с зацеплением Новикова оказалась невысокой. В этом зацеплении необходимо обеспечивать осевое перекрытие больше единицы, поэтому использование зубчатых колес с относительно узкими венцами сопряжено с необходимостью увеличения угла наклона зубьев или снижением модуля. Так что есть масса причин, почему зацепление Новикова сегодня не может с успехом повсеместно использоваться взамен эвольвентного.

Передачи с зацеплением Новикова с термоулучшенными колесами не отвечают современным требованиям по удельной материалоемкости. В качестве примера рассмотрим редукторы ЦСН, в которых используется это зацепление. Удельная материалоемкость составляет $q_m = m/T_T = 0,146 \dots 0,134$ кг/(Н·м). Для подобных трехступенчатых редукторов, отвечающих требованиям мирового рынка, этот показатель составляет $q_m = 0,075 \dots 0,065$ кг/(Н·м). Такие и более низкие значения достигаются в редукторах типа ЦЗС, выполненных с поверхностно упрочненными зубчатыми колесами (см. [5]). Сравнение габаритных размеров редукторов ЦЗС-360 и ЦСН-55 дано на рис. 1.

Очевидно, что передачи с термоулучшенными колесами уступают не только по показателям удельной материалоемкости, но и по габаритным размерам.

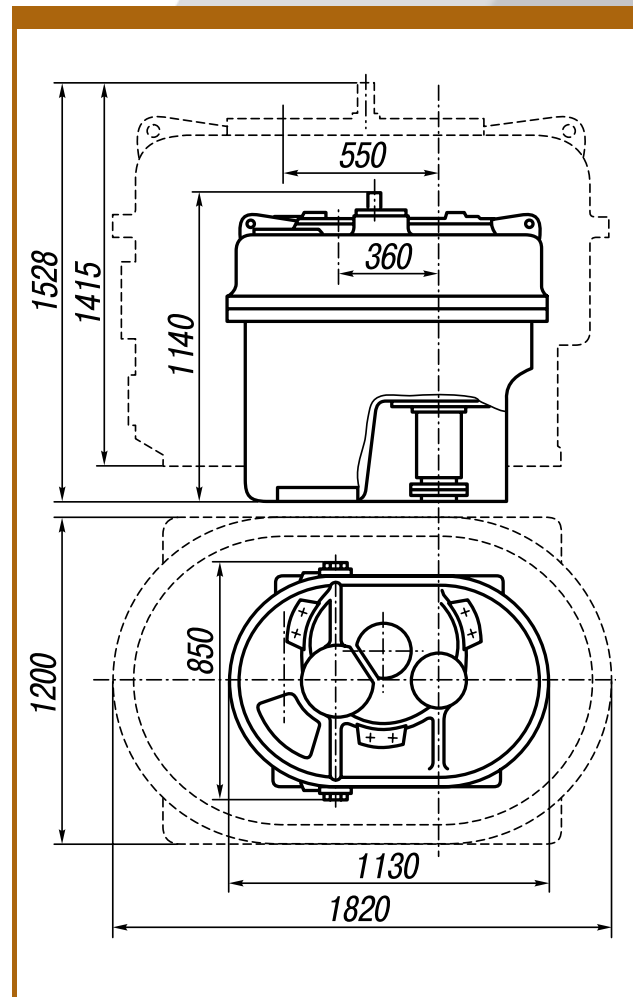


Рис. 1. Сравнение габаритных размеров редукторов ЦЗС-360 (сплошная линия) и ЦСН-55 (штриховая линия)

Библиография

1. Кудрявцев В.М., Арефьев И.И. Методика расчетов зубчатых передач Новикова (временные рекомендации Координационного совета по передачам Новикова). Л.: ЦБТИ, 1963. 16 с.
2. Кудрявцев В.М., Державец Ю.А., Глухарев Е.Г. Конструкции и расчет зубчатых редукторов. Л.: «Машиностроение», 1971. С. 158-169.
3. Передачи зубчатые Новикова цилиндрические с твердостью поверхностей зубьев $HV \leq 320$. Расчет на прочность. // Методические рекомендации МР 24-81. Госстандарт. ВНИИНМАШ. М., 1981. 58 с.
4. Передачи зубчатые Новикова цилиндрические с твердостью поверхностей зубьев $HV \geq 350$. Расчет на прочность. // Методические рекомендации МР 221-86. Госстандарт. ВНИИНМАШ. М., 1987. 86 с.
5. Филипенков А.Л., Федоров В.Ф., Кирпичев В.Ф. Новые редукторы для привода мешалок. // Приводная техника. 1998. № 1. С. 29, 30.