

# МНЕ СОВЕРШЕННО НЕПОНЯТНА ПРИЧИНА ПОДНЯТОЙ ДИСКУССИИ...

**В.М. Фей, инж.**



**Валерий Миронович Фей** – главный инженер, заведующий отделом исследования и конструирования редукторов, мотор-редукторов и приводов АОЗТ «Научно-исследовательский институт «Редуктор» – головной организации Украины по механическим приводам. Производственный и исследовательско-конструкторский стаж в редукторостроении 47 лет: 6 лет – в Киевском опытно-показательном редукторном заводе, 3 года – в ГСКТБ по редукторостроению, 29 лет – во Всесоюзном научно-исследовательском и проектно-конструкторском институте редукторостроения (ВНИИРедуктор), 9 лет – в АОЗТ «НИИ «Редуктор». Руководитель и разработчик 6 поколений нормализованных рядов цилиндрических редукторов и мотор-редукторов общемашиностроительного применения. Ответственный исполнитель НИР, ОКР и ОТР по выбору материалов, термической, химико-термической и финишной обработке зубчатых передач типажных редукторов, исследованию нагрузочной способности и норм точности передач Новикова ДЛЗ, основополагающих Межгосударственных (ГОСТ) и национальных стандартов Украины (ДСТУ) на зубчатые передачи, редукторы, мотор-редукторы, вариаторы и муфты, член Координационного Совета при ВНИИРедукторе по передачам Новикова высокой твердости.

Открываясь в журнале «Редукторы и приводы» дискуссия по статье Г.А. Журавлева «Ошибочность физических основ зацепления Новикова как причина ограниченности его применения» не может оставить меня равнодушным к затрагиваемой теме, поскольку я всю свою жизнь посвятил разработке, исследованию и внедрению редукторов и приводов с зубчатыми передачами как эвольвентного зацепления, так и зацепления Новикова.

Мне совершенно непонятна причина поднятой дискуссии, поскольку преимущества передач Новикова перед эвольвентными (при средней твердости сравниваемых аналогов) были известны, они были доказаны как теоретически, так и экспериментально еще в 60-70-е годы прошлого столетия на основании многочисленных работ, проводимых различными организациями и предприятиями по внедрению передач Новикова в приводах машин и оборудования горнодобывающего, металлургического, подъемно-транспортного, нефтедобывающего и общемашиностроительного применения.

Если говорить о редукторах общемашиностроительного применения (ОМП), то использование передач Новикова с двумя линиями зацепления (ДЛЗ) позволило увеличить нагрузочную способность цилиндрических редукторов в 1,7–2 раза, а коэффициент полезного действия – на 1%, снизить удельную материалоемкость в 1,5–2 раза, уменьшить габаритные размеры и массу. Это всем известные и широко применяемые в промышленности цилиндрические редукторы ЦОН-160, ЦОН-200, ЦОН-250, ЦДН-25, ЦДН-35, ЦДН-40,

ЦДН-50, Ц2УН-100, Ц2УН-125, Ц2УН-160, Ц2УН-200, Ц2УН-250 и мотор-редукторы 1МЦ2С-63Н, 1МЦ2С-80Н, 1МЦ2С-100Н, 1МЦ2С-125Н Киевского опытно-показательного редукторного завода; РЦД-250, РЦД-350, РЦД-400, 1Ц2У-250, 1Ц3У-250 Ижевского ПО «Редуктор», 1Ц2У-315, 1Ц2У-355, 1Ц2У-400, 1Ц2Н-450, 1Ц2Н-500, 1Ц2Н-630, 1Ц3У-315, 1Ц3У-355, 1Ц3У-400, 1Ц3Н-450, 1Ц3Н-500, 1Ц3Н-630, 2Ц2-125Н, 2Ц2-160Н, 2Ц2-200Н, 2Ц2-250Н, 2Ц2-280Н, 2Ц3-125Н, 2Ц3-160Н, 2Ц3-200Н, 2Ц3-250Н, 2Ц3-280Н Майкопского редукторного завода; ЦДНД-200, ЦДНД-315, ЦДНД-400, ЦТНД-315, ЦТНД-400, ЦТНД-500 Луганского машиностроительного завода им. Пархоменко; ЦДН-630, ЦДН-710 ОАО «Днепротяжмаш» и др.

За истекший период этими предприятиями выпущено более 5 млн шт. редукторов с передачами Новикова. Данные редукторы имеют устойчивый спрос и выпускаются в настоящее время не только давно известными специализированными предприятиями, но и такими новыми, как НТЦ «Редуктор», НПФ «Гидромаш», Орловская фирма «СПИН» и др.

Весьма показательна история внедрения передач Новикова на Майкопском редукторном заводе-новостройке.

По Постановлению Совета Министров СССР № 820 от 18.10.1968 г. и проекту ГипроНИИМАШ завод был специализирован на выпуске крупных нормализованных цилиндрических одно-, двух- и трехступенчатых редукторов типов РЦО, РЦД, РЦТ с эвольвентным зацеплением. Однако уже на стадии проектирования завода



в 1969-1970 гг. выяснилось, что указанные редукторы должны быть заменены редукторами новых типов ЦУ, Ц2У, Ц3У более высокого технического уровня и качества согласно «Общесоюзному типуажу редукторов и мотор-редукторов общего назначения на 1970-1980 гг.»

Для реализации в редукторах типажных нагрузок предусматривалось применение эвольвентных зубчатых передач, изготавливаемых из высоколегированных сталей, подвергаемых термической и химико-термической обработке до твердости 57–62 HRC<sub>э</sub>. При этом, учитывая большую программу выпуска (100000 редукторов в год), предполагалось использовать технологию без зубошлифования.

На момент оснащения завода оборудованием выяснилось, что разработанные проектантом завода специальные агрегаты для нитроцементации и закалки зубчатых колес не могут быть изготовлены в установленные сроки, отсутствуют высокопроизводительное оборудование и инструмент для шевингования и хонингования зубьев, средства измерения и контроля зубчатых колес и передач крупных размеров.

Единственным выходом в создавшейся ситуации было «вписывание» в заданные размеры корпусных деталей (для которых были разработаны и изготовлены непереключаемые линии механической обработки корпусов) зубчатых передач Новикова ДЛЗ.

Разработка редукторов с передачами Новикова средней твердости была выполнена ВНИИРедуктором в кратчайшие сроки с обеспечением установленных технических характеристик редукторов, что обеспечило своевременный ввод в действие Майкопского редукторного завода и удовлетворение потребности народного хозяйства в крупных редукторах массой более 500 кг.

С момента освоения (1974 г.) редукторы дважды подвергались модернизации с повышением их технических и эксплуатационных характеристик и экономических показателей.

Применение передач Новикова в редукторах РЦД-250, РЦД-350, РЦД-400 Ижевского опытно-показательного редукторного завода (ныне ОАО «Редуктор») позволило снизить требования к материалу, термической обработке и твердости зубчатых передач при установленных нагрузках и показателях надежности, обеспечить выпуск сотен тысяч редукторов, остро необходимых промышленности.

Новый этап в совершенствовании редукторов ОМП связан с разработкой и внедрением общесоюзных типовых редукторов и мотор-редукторов общего назначения на 1981-1990 гг. и 1991-2005 гг., при этом были поставлены задачи дальнейшего повышения технического уровня, качества и надежности редукторов, соответствия их современному мировому уровню.

На первом этапе была проведена модернизация всего ряда цилиндрических редукторов с повышением нагрузок в 1,25–1,6 раза при сохранении габаритных и присоединительных размеров, массы редукторов, а также технологии их производства. Эта модернизация успешно реализована на всех специализированных заводах.

На втором этапе ставилась задача достижения самого высокого мирового уровня с созданием широко развитой номенклатуры редукторов, мотор-редукторов и приводов, построенной по блочно-модульному принципу, обеспечивающему требуемую унификацию за счет конструктивной, силовой, кинематической и эксплуатационной преемственности.

На этом этапе ВНИИРедуктором были проведены анализ тенденций развития зарубежного редукторостроения, оценка его технического уровня, надежности и технологии производства, а также продолжены работы по исследованию и выбору материала и химико-термической обработке зубчатых колес, виду зацепления цилиндрических и червячных передач, методам расчета на прочность, нормам точности и др. с привлечением ведущих организаций и специалистов страны.

На базе ВНИИРедуктора были созданы Координационные Советы по передачам Новикова высокой твердости и червячным передачам, задачей которых была координация работ, выполняемых различными организациями, обсуждение полученных результатов и принятие необходимых решений.

К 1991 году (т.е. к моменту распада СССР) в рамках Координационного совета по передачам Новикова высокой твердости, в состав которого входили около 30 известных ученых и специалистов из 15 организаций (ВНИИРедуктор, Санкт-Петербургский военно-механический институт, ВВИА им. Н.Е. Жуковского, Орловский технический университет, Краматорский НИИПТМАШ, Ростовский государственный университет, Ижевский механический институт, Ижевское ПО «Редуктор», Курганский машиностроительный институт, Горьковский институт инженеров водного транспорта, Ростовский НИИТМ, Харьковский политехнический институт, Киевский опытно-показательный редукторный завод, Майкопский редукторный завод, ОАО «Донецгормаш»), были завершены работы по оптимизации исходного контура для передач Новикова ДЛЗ.

Исследованиям были подвергнуты зубчатые передачи Новикова с исходными контурами по ГОСТ 15023-76, ДЛЗ-0,7-0,15, ДЛЗ-1,0-0,15, РГУ-1, РГУ-5, имеющие следующие параметры:  $a_w = 160$  мм,  $m = 3,15$  мм,  $z_1 = 32$ ,  $z_2 = 65$ ,  $\beta = 17^\circ 17' 02''$ ,  $b = 40$  мм, материал – сталь 25ХГМ, термообработка – нитроцементация, твердость 56–62 HRC<sub>э</sub>.

Испытания большого количества пар проводились по программам и методикам ускоренных испытаний на предельную нагрузку, одобренным Координационным Советом, с последующей статистической обработкой результатов для выявления допустимых нагрузок при заданной степени вероятности неразрушения зубьев. Все зубчатые колеса перед испытаниями подвергались контролю и паспортизации.

В 1981-1985 гг. во ВНИИРедукторе были проведены сравнительные испытания зубчатых передач с исходными контурами ДЛЗ-0,7-0,15 и ДЛЗ-1,0-0,15.

В лаборатории зубчатых передач Санкт-Петербургского военно-механического института были проведены испытания передач с исходным контуром по ГОСТ



15023-76, изготовленных из стали 15ХГТ с последующей цементацией и закалкой до 56–62 HRCэ и из стали 40Х, подвергнутых азотированию до твердости 52–58 HRCэ.

Ижевским ПО «Редуктор» при участии НИИМ и ПМ Ростовского государственного университета были проведены испытания передач Новикова с исходными контурами РГУ-5А, РГУ-5Б и эвольвентных передач с исходным контуром по ГОСТ 13755-81.

Наибольшую нагрузочную способность по изгибной прочности показали передачи с исходными контурами ДЛЗ-0,7–0,15 и РГУ-5, однако контур ДЛЗ-0,7–0,15 оказался существенно слабее по контактной выносливости: в процессе испытаний был зафиксирован питтинг при наработке ниже базового числа циклов. Кроме того, передачи с данным контуром оказались весьма чувствительны к технологическим отклонениям межосевого расстояния.

Одновременно с испытаниями проведены теоретические исследования напряженно-деформированного состояния и нагрузочной способности зубчатых передач (Санкт-Петербургский военно-механический институт, ВНИИРедуктор, Орловский технический университет, НИИМ и ПМ Ростовского государственного университета, НИИТМ, Ижевское ПО «Редуктор», ГИИВТ, ВВИА им. Н.Е.Жуковского), технологичности их изготовления (ВНИИРедуктор, Ижевское ПО «Редуктор», Майкопский редукторный завод), норм точности (ВНИИРедуктор, Луганский машиностроительный институт, Ижевский механический институт, Ижевское ПО «Редуктор»).

По результатам комплексных исследований для стандартизации Координационным Советом в 1988 г. рекомендован исходный контур КС.

Контур КС базируется на контуре РГУ-5А, прошедшем наибольшую экспериментальную проверку в режиме ускоренных испытаний с высокими нагрузками и длительных испытаний. Он показал нагрузочную способность в 1,3–1,4 раза выше эвольвентных передач по изгибной прочности и в два-три раза по контактной прочности.

Результаты сравнительных испытаний передач на базе контура КС показали, что эти передачи имеют на более сбалансированную нагрузочную способность по основным критериям: поверхностной и глубинной контактной прочности, выносливости при изгибе при наименьшей чувствительности к погрешностям изготовления и монтажа.

В настоящее время исходный контур КС для передач Новикова высокой твердости запатентован и действует в качестве Межгосударственного стандарта ГОСТ 30224-96 «Передачи зубчатые Новикова цилиндрические с твердостью поверхности зубьев не менее 35HRCэ. Исходный контур».

Разработанные в рамках Координационного Совета методические рекомендации по расчету на прочность передач Новикова с зубьями высокой твердости способствовали совершенствованию данного зацепления. Отметим, что технологически нарезание и термическая обработка зубчатых колес с исходным контуром

по ГОСТ 30224-96 ничем не отличаются от других исходных контуров зубчатых колес.

По мере накопления опыта производства зубчатых передач Новикова высокой твердости без применения шлифования зубьев параллельно, мы считаем, должны проводиться работы по методам финишной обработки зубьев и контролю зубчатых колес и передач.

Передачи Новикова в течение многих лет эксплуатации показали повышенную работоспособность при средней твердости зубьев. Дальнейший существенный шаг увеличения нагрузочной способности передач Новикова – повышение твердости их зубьев (миф о плохой прирабатываемости зубьев высокой твердости опровергается многочисленными экспериментальными и эксплуатационными данными). Резервом еще большего увеличения нагрузочной способности передач Новикова, независимо от твердости зубьев, является рациональный выбор геометрических параметров и увеличение модуля передачи.

В 1995–2004 гг. НИИРедуктором при участии Ижевского ПО «Редуктор» и НИИМ и ПМ РГУ были разработаны ряды цилиндрических редукторов серии 5Ц с эвольвентными передачами и 6Ц с передачами Новикова высокой твердости.

### **О техническом уровне редукторов с передачами Новикова**

Для оценки технического уровня редукторов и мотор-редукторов используются, в частности, такие удельные показатели, как удельная масса (отношение массы изделия к передаваемому крутящему моменту) и удельная стоимость (отношение цены к передаваемому крутящему моменту).

Рассматривая вопрос массы и удельной массы изделия и совершенства зубчатых передач, следует учесть, что в общей массе изделия до 55% составляет масса литых корпусных деталей, крышек и т.п., которая избыточна из-за несовершенства технологии литья (увеличенные толщины стенок деталей, нерациональная конфигурация несущих поясов, фланцев, основания). В подавляющем большинстве случаев производство отливок осуществляется на специализированных заводах «Центролит», заинтересованных в увеличении массы, а следовательно, и стоимости деталей.

В табл. 1 и 2 приведены сравнительные данные технического уровня цилиндрических редукторов и мотор-редукторов с передачами Новикова и эвольвентными передачами, выпускаемых предприятиями Украины, России и Германии. Разработчиком конструкций и технической документации редукторов Украины и России является АОЗТ «Научно-исследовательский институт «Редуктор», г. Киев.

Как видно из табл. 1, технический уровень мотор-редукторов даже с термоулучшенными передачами Новикова не уступает лучшим мировым образцам Германии с твердыми эвольвентными передачами, подвергаемыми финишной обработке зубьев после химико-термической обработки.





Из таблицы 2 следует, что технический уровень редукторов 1Ц2У и 1Ц2Н по удельной массе несколько ниже (в 1,2–1,3 раза) редукторов 2Ц2У, 2Ц2Н с термоулучшенными передачами Новикова (исходный контур по ГОСТ 30224-96) и в 1,5–1,7 раза ниже редукторов 5Ц2, 6Ц2 (Украина, Россия) и Н2 (Германия); редукторы 5Ц2 находятся на уровне редукторов Н2, а редукторы 6Ц2 с твердыми передачами Новикова превышают лучшие зарубежные аналоги в 1,2–1,4 раза.

Поэтому вывод, сделанный уважаемым Б.П. Тимофеевым в процессе дискуссии со ссылкой на слова В.Н. Кудрявцева, высказанные более 40 лет тому назад о том, что передачи, составленные из нормализованных или термоулучшенных колес Новикова, по металлоемкости в 4–7 раз превышают аналогичные по нагрузочной способности высокоточные эвольвентные передачи с высокой твердостью поверхностей зубьев (HRCэ приблизительно равно 60), несостоятелен не только по отношению к современным передачам Новикова, но и к передачам, разработанным более 30 лет тому назад (и изготавливаемым в настоящее время).

### О шумовых характеристиках редукторов и мотор-редукторов ОМП

Нормируемой величиной для оценки шума редукторов и мотор-редукторов серийного производства является скорректированный уровень звуковой мощности, регламентированный ГОСТ 16162-93 и ГОСТ 25484-93 в зависимости от типа редуктора (мотор-редуктора), мощности, частоты вращения двигателя и вида зацепления. При этом шумовые характеристики редукторов с передачами Новикова допускаются не более 1,05 от нормируемых для эвольвентных передач.

Следует учитывать, что шумовые характеристики передач Новикова в значительной степени зависят от окружной скорости, модуля, коэффициента осевого перекрытия и точности изготовления (погрешностей осевого и окружного шагов зубчатых колес, отклонений межосевого расстояния), регулировки подшипников и др.

Для удовлетворения некоторых требований потребителей по снижению шумовых характеристик нами применяется вариант изготовления быстроходной ступени редукторов (как менее металлоемкой и трудоемкой) с эвольвентными передачами высокой степени точности – со шлифованными профилями зубьев при укомплектовании тяжелонагруженных тихоходных ступеней термоулучшенными или твердыми передачами Новикова.

За многие годы разработки, производства и эксплуатации передачи Новикова доказали свои преимущества перед эвольвентными. Другие виды передач, в том числе со смешанным зацеплением IP Г.А. Журавлева, с новой системой эволютного зацепления, предложенной А.И. Павловым, и др., требуют научно обоснованных доказательств их преимуществ и экспериментального подтверждения по всему спектру затрагиваемых в дискуссии вопросов.

Хочу отметить, что выбор того или иного вида зацепления, материала, способа термической, химико-термической и финишной обработки зубьев передач зависит от технологических и финансовых возможностей производства и обоснованности тех или иных затрат.

Приведу для сравнения данные о средней стоимости мотор-редуктора 3МЦ2С-100Н (Украина) и аналогичного изделия R87DT112M4 (Германия).

Характеристика	3МЦ2С-100Н	R87
Крутящий момент на выходном валу, Н·м	670	625
Частота вращения выходного вала, об/мин	56	51
Мощность двигателя, кВт	4	4
Масса, кг	81	90
Цена, грн	2240	8944

Как видим, цена зарубежного аналога мотор-редуктора 3МЦ2С-100Н в 3,993 раза выше производимого на Украине при сопоставимых технических показателях.

Мне довелось ознакомиться с производством редукторов с эвольвентными шлифованными передачами на фирмах Германии «Flender», «Bauer», «Nord», и могу с уверенностью сказать, что производство высокоточных передач требует комплексного решения вопросов получения гарантируемых качеств материала и химико-термической обработки, финишной обработки профиля зубьев (без прижогов, с условием минимального снятия наиболее упрочненного поверхностного слоя и т.д.), снижения массы и повышения точности базовых поверхностей корпусных деталей, современных методов тепловой сборки узлов и деталей, повышения долговечности подшипниковых узлов, смазки, надежного уплотнения валов и герметизации разъемных соединений, внедрения системы контроля качества и др. Все это требует значительных материальных затрат, а главное – высокой квалификации рабочих и ИТР. Так, например, срок пребывания в эксплуатации зубошлифовальных станков для финишной обработки составляет 3–5 лет, а подготовка квалифицированного рабочего осуществляется в течение нескольких лет.

В заключение хочу отметить, что для производства современных редукторов не требуется применения «космических технологий», а необходимо использовать те лучшие отечественные и зарубежные наработки, которые проверены многолетним опытом, поскольку на современном этапе развития редукторостроение достигло такого уровня совершенства, что дальнейшее повышение нагрузочной способности редукторов ограничивается уже их термической мощностью и необходимостью применения в связи с этим индивидуальных или централизованных систем смазки и охлаждения.

Об «ошибочности физических основ зацепления Новикова», о которой высказался Г.А. Журавлев без основательной доказательной базы, и поддержке его некоторыми учеными обидно слышать и читать, особенно учитывая, что многие из них (кроме Г.А. Журавлева) никогда, в сущности, не занимались пе-



редачами Новикова. Хочу выразить признательность известным в мире ученым и специалистам: В.А. Гавриленко, А.И. Петрусевичу, В. Н. Кудрявцеву, К.И. Заблонскому, В.Г. Тетерятченко, А.В. Павленко, А.Ф. Кириченко, В.И. Севрюку, Р.В. Федякину, В.А. Чеснокову, Н.Н. Краснощекову, Е.Г. Росливкеру, В.И. Короткину, Ю.Ф. Коубе, А.С. Яковлеву, М.Я. Иткису, В.Я. Веретенникову и др. – за их весомый вклад в развитие зубчатых передач Новикова.

Передачи Новикова имеют такое же право на существование, как эвольвентные, червячные типов ZA, ZI, ZT и другие передачи, широко применяемые в мировой практике.

Настоящий материал рассмотрен на НТС АОЗТ «Научно-исследовательский институт «Редуктор» и ТК 47 «Механические приводы» Госстандарта Украины и одобрен для представления в журнал «Редукторы и приводы».

**Таблица 1**

**Сравнение технического уровня цилиндрических двухступенчатых мотор-редукторов с передачами Новикова с лучшими зарубежными образцами**

Техническая характеристика	3МЦ2С-63Н (пер.Нов.У) АОЗТ НИИ Редуктор. Украина 2006	4МЦ2С-63 (эв.пер.ТШ) ПЗМП Россия 2006	R57DT 90S4 (эв.пер.ТШ) SEW EVRO DRIVE Германия 2006	D40A 90S4 (эв.пер.ТШ) Flender Германия 2006	3МЦ2С-100Н (пер.Нов.У) АОЗТ НИИ Редуктор Украина 2005	4МЦ2С-100 (эв.пер.ТШ) ПЗМП Россия 2006	R87DT 112M4 (эв.пер.ТШ) SEW EVRO DRIVE Германия 2006	D81A 112M4 (эв.пер.ТШ) Flender Германия, 2006	SK42 112M4 (эв.пер.ТШ) Nord Германия 2006
Мощность, кВт	1,1	1,1	1,1	1,1	4	4	4	4	4
Частота вращения выходного вала, об/мин	56	56	56	54	56	56	51	56	60
Крутящий момент на выходном валу, Н·м	180	180	180	180	670	670	625	660	637
Масса, кг	22,7	27	33	28	81	81	90	97	86
Габаритные размеры L×B×H, мм	520 × 185 × 265	517 × 185 × 265	526 × 190 × 187	516 × 190 × 195	675 × 260 × 380	675 × 270 × 380	712 × 290 × 295	701 × 290 × 375	719 × 250 × 327
Удельная масса, кг/Н·м	0,126	0,150	0,183	0,155	0,12	0,12	0,144	0,147	0,135
кпд редукторной части	0,98	0,97	0,97	0,97	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97

**Условные обозначения:**

У – твердость зубьев 262–302 НВ

ТШ – твердость поверхности зубьев HRCэ 57–62, – зубья шлифованные

**Таблица 2**

**Сравнение технического уровня цилиндрических двухступенчатых редукторов с передачами Новикова с лучшими зарубежными образцами**

Техническая характеристика	2Ц2У-160Н (пер.Нов.У) НИИред. Украина 2006	1Ц2У-160 (эв. пер Т) ПО «Редуктор» Россия 1986	5Ц2-125 (эв.пер.ТШ)/ 6Ц2-125 (пер.Нов.Т) 1995/2000 НИИ редуктор	H23 (эв.пер.ТШ) Flender Германия, 2006	1Ц2Н-500 (пер.Нов. У) МРЗ Россия, 1986	2Ц2Н-500 (пер.Нов.У) НИИред. Украина 2006	5Ц2-400 (эв.пер.ТШ)/ 6Ц2-400 пер.Нов.Т НИИред. Украина 1995/2000	H214 (эв.пер.ТШ) Flender, Германия 2005
Межосевое расстояние, мм	260	260	225	220	815	815	680	705
Диапазон передаточных чисел	8 – 40	8 – 40	8 – 40	8 – 22,4	8 – 50	8 – 50	8 – 40	8 – 28
Крутящий момент на выходном валу, Н·м	1600	1250	2000/2500	2470	50000	60000	72000/80000	71000
Масса, кг	57/95	57/95	75	110	2100	2100	1900	2350
Габаритные размеры, L×B×H, мм	545 × 195 × 335	545 × 195 × 335	495 × 255 × 310	500 × 220 × 360	1650 × 650 × 1055	1650 × 650 × 1055	1370 × 550 × 850	1460 × 550 × 900
Удельная масса, кг/Н·м	0,035/0,059	0,045/0,076	0,038/0,030	0,045	0,042	0,035	0,026/0,024	0,027
кпд	0,98	0,97	0,97/0,98	0,97	0,98	0,98	0,97/0,98	0,97

**Условные обозначения:**

У – передачи Новикова, твердость зубьев 262–302 НВ

Т – передачи эвольвентные и Новикова, твердость поверхности зубьев HRCэ 57–62, зубья нешлифованные

ТШ – передачи эвольвентные, твердость поверхности зубьев HRCэ 57–62, зубья шлифованные

