

УДК 621.833

Р. М. Игнатищев, д-р техн. наук, проф.

ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЗНАЧИМОСТИ РЕДУКТОРНОЙ ВЕТВИ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА. СТРУКТУРА, ОСОБЕННОСТИ И ДОСТОИНСТВА СИНУСОЭКЦЕНТРИКОВЫХ ПЕРЕДАЧ

Показана актуальность работ в направлении совершенствования редукторной продукции, рынок которой в обозримом будущем стабильно надёжен и объёмен (только на территориях бывшего СССР оценивается величиной 20...30 млрд долл. США). Схематически описана современная форма организации производства этой продукции. Отмечены два принципиальных недостатка зубчатых традиционно-промышленных изделий. Описаны структура, особенности и преимущества синусоэксцентриковых передач, которые высоким качеством и низкой себестоимостью составят достойную конкуренцию на рынке редукторной продукции зубчатых и червячных изделий.

Одним из ошибочных утверждений является: «в современном машиностроении имеется тенденция перехода от механических редуцирующих узлов к электронным. Поэтому потребность в редукторах в настоящее время несущественная».

В данном случае игнорируется принцип: «принимаемые решения должны быть научно обоснованными».

Основанием для вывода оказалась замеченная «тенденция».

Тенденция – это направление развития; склонность, включающая в себя и предвзятые, односторонне навязываемые мысли. И неслучайно, поэтому «тенденция» является корнем для слова «тенденциозность», которое при оценке действий людей употребляют в негативном смысле.

Тенденции не должны являться основаниями для категоричных выводов. Приведем примеры:

– существовала тенденция гонений на генетику (лидером являлся научно недобросовестный Лысенко Трофим Денисович);

– была также тенденция получить управляемую термоядерную реакцию («Токамаки», TFTR, JET, JT и др.), на которую мир безрезультатно потратил *триллионы* долларов США;

– куда подевалась наша местная, белорусская тенденция создавать ветряки на эффекте Магнуса («Звезда» за 25.03.1999 и за 27.03.1999; «Белорусская

нива» за 27.08.1999; «Народная газета» за 27.08.1999; «Могилёвские ведомости» за 11.05.2000; «Народная воля» за 18.03.1999 и за 25.10.2001; «Рэспубліка» за 27.08.1999, за 2.08.2002 и за 22.01.03)? До 2000 г. один из ветряков находился в п. Шабаны на окраине Минска, однако после этот «вечный двигатель» убрали в г. Дзержинск.

Научно-техническое направление по совершенствованию систем управления электродвигателями – это не вечный двигатель на основе эффекта Магнуса; и это направление требует поддержки. Из сомнительных предпосылок нельзя делать категоричные выводы.

Анализируемое мнение противоречит мнению специалистов других ведомств и организаций Республики Беларусь.

Приказами, решениями, планами Минобразование Республики Беларусь, БелВАК, Белорусско-Российский университет, Объединённый институт машиностроения Национальной академии наук Беларуси и другие ведомства и организации проводили и проводят конкретную кадровую политику на подготовку для народного хозяйства Республики Беларусь нужных специалистов. В соответствии с этой политикой только в Белорусско-Российском университете подготовлено пять докторов наук и более десятка кандидатов со специализа-

цией в области редукторостроения.

Неужели специалисты такого большого количества уважаемых организаций свою деятельность направляли против государственных интересов? – Убеждён, что нет.

Анализируемое мнение противоречит и тому, что мы видим в других государствах.

В России построено более десятка специализированных на редукторостроении заводов: Ижевский «Редуктор», два завода с названием «Редуктор» в Санкт-Петербурге, Майкопский «Редуктор», «Редуктор» в г. Барыш, в Екатеринбурге «УралРедуктор», «ПермьРедуктор», «ЧелябРедуктор» и много заводов под другими названиями, например, Псковский «Завод механических приводов», «Тамбовполимермаш» и др., основной продукцией которых являются мотор-редукторы и редукторы.

На территории дальнего зарубежья также расположен ряд редукторостроительных фирм: Flender, SEW-EURODRIVE, Getriebbau NORD, Cumera, Bauer, Motovario, STM, SITI, Brevini Riduttori, Pujol Muntala LENZE Bonfiglioli и многие другие – германские, итальянские, испанские, французские, словацкие ...

Например, в Германии:

Flender – штаб-квартира в г. Бохольт; 9800 работающих, 15 заводов-производителей; основная продукция – мотор-редукторы, редукторы, вариаторы, электродвигатели, преобразователи частоты; имеет научный и сервисный центры, 80 представительств в разных странах по сбыту своей продукции;

SEW-EURODRIVE – штаб-квартира в г. Брухзале; 9000 работающих, 11 заводов-производителей; основная продукция – мотор-редукторы, редукторы, вариаторы, электродвигатели, преобразователи частоты; имеет торговые филиалы, технические бюро, центры обслуживания и поставки запасных частей более чем в 50 странах;

Getriebbau NORD – сборочное производство и штаб-квартира в г. Баргтехайде; 1800 работающих; основная продукция –

мотор-редукторы, редукторы, вариаторы, электродвигатели, преобразователи частоты; имеет развитую сеть дочерних предприятий, расположенных по всему миру.

Рассмотрим значимость процесса появления научно-технических достижений в направлении применения асинхронных двигателей с электронными узлами.

Хотя доминирующей разновидностью всего массива двигателей являются асинхронные машины, есть также двигатели внутреннего сгорания, ручные, пневматические, гидравлические и прочие источники механического движения.

Перейдем к анализу устройств «асинхронный двигатель + электронный узел».

Регулирование скорости вращения изменением частоты переменного тока известно давно [1, С. 129–133] и называется: «Регулирование скорости вращения асинхронного двигателя изменением частоты».

Сегодня себестоимости электронных узлов (различные преобразователи частоты на основе транзисторов IGBT со скалярными, векторными и прочими методами управления) существенно понизились, но не до бесконечно малой величины, а лишь до минимального уровня экономической целесообразности дополнения ими во многих случаях традиционных асинхронных двигателей у вентиляторов, насосов, компрессоров, возможно у лифтов и у ряда других машин.

Кое-где удалось убрать и редуцирующие узлы.

К сожалению, в числе специалистов, совершенствующих электронные узлы к асинхронным двигателям, имеются и такие, которые стремятся уровень внимания к себе повысить за счёт специалистов, занимающихся вопросами совершенствования редукторостроения. С этой целью иногда приводят ошибочное мнение: использование электронных узлов сделали ненужным использование редукторов в вентиляторах, насосах, компрессорах.

Совокупность этих машин имеет больше установленные суммарные мощности, а использование электронных узлов позволяет существенно снижать у них эксплуатационные энергозатраты.

Успехи в совершенствовании электронных узлов привели к сокращению потребности, в основном, одноступенчатых зубчатых редукторов. Но это лишь небольшая часть (не превышающая 5...10 %) от всего редукторного массива. Со статистическими оценками этого массива можно ознакомиться в [3, С. 84].

Имеющиеся успехи в направлении совершенствования электронных узлов к электродвигателям не должны лишать нас здравого смысла.

Многим хочется достигнутые за пол-

века успехи расширить и 5...10-процентный результат превратить в стопроцентный. Однако электронные узлы не решают главного: при уменьшении скорости вращения ω момент M нельзя делать большим в принципе, т. е. момент удаётся сохранять лишь постоянным; мощность же N падает, ведь $N = \omega \cdot M$.

С целью дальнейшего анализа приводятся сведения о потребных числовых значениях моментов на рис. 1. Они взяты (сканированы) из [4, С. 11], где также сообщено, что «потребность промышленности в редукторах ... устанавливалась на основе анализа опросных листов, заполнявшихся потребителями».

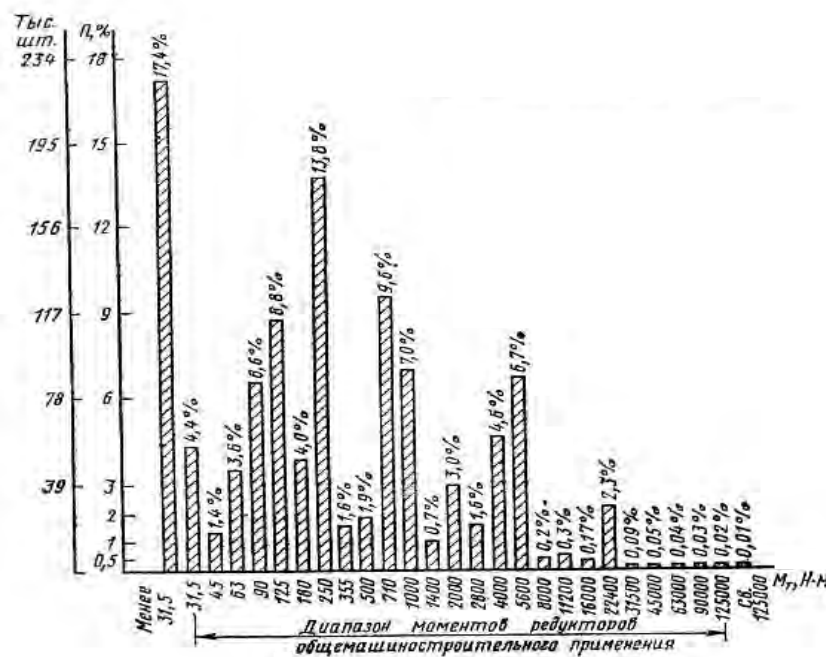


Рис. 1. Гистограмма, характеризующая потребность промышленности в редукторах, передающих крутящие моменты различной величины

К сопоставительному анализу принимаем продукцию Могилёвского завода «Электродвигатель». Из «Каталога продукции», выпускаемой этим заводом, видим, что самый большой номинальный

момент создаёт двигатель АИР180М8 – 196 Н·м.

Возникает естественный вопрос: как без редукторов закрывать технические потребности в моментах: $M = 250$ Н·м

(13,6 %); $M = 500$ Н·м (1,9 %); $M = 710$ Н·м (9,6 %); $M = 1000$ Н·м (7,0 %); $M = 2000$ Н·м (3,0 %); $M = 2800$ Н·м (1,6 %); $M = 4000$ Н·м (4,6 %); $M = 5600$ Н·м (6,7 %); $M = 22400$ Н·м (2,3 %) и др.?

Учёт только девяти столбцов из приведенной гистограммы показал, что если

не применять редукторы, незакрытой окажется более половины потребностей. При учёте же всех потребностей незакрытыми оказываются 95...98 %, даже при использовании восьмиполюсников (табл. 1).

Табл. 1. Сопоставление технических характеристик некоторых асинхронных двигателей, выпускаемых Могилёвским заводом «Электродвигатель»

Условные обозначения электродвигателя	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	КПД	Коэффициент мощности $\cos \varphi$ *	Масса, кг
АИР180М8	15,0	730	88,0	0,74	138,9
АИР160S2	15,0	2920	90,5	0,89	88,9
АИР160М8	11,0	720	87,0	0,73	108,9
АИР132М2	11,0	2910	87,5	0,88	60,4
АИР160S8	7,5	720	86,0	0,72	86,9
АИР112М2	7,5	2910	87,5	0,88	40,0
АИР132М8	5,5	720	83,0	0,74	58,5
АИР100L2	5,5	2850	88,0	0,88	27,2
АИР132S8	4,0	720	83,0	0,74	52,2
АИР100S2	4,0	2850	87,0	0,88	27,2
АИР112МВ8	3,0	700	79,0	0,74	39,0
АИР90L2	3,0	2860	84,5	0,88	19,0
АИР112МА8	2,2	710	76,5	0,71	33,4
АИР80В2	2,2	2860	83,0	0,87	15,0

Примечание – * чем меньше $\cos \varphi$, тем хуже использование генерируемых мощностей

Из двух двигателей одинаковой мощности выбирают тот, у которого масса в 2 раза бóльшая, а КПД и $\cos \varphi$ меньшие, т. к. торжествует не научное обоснование, а тенденция механическое редуцирование заменять электромагнитным.

Сегодня практически все редукторостроительные фирмы мира свои мотор-редукторы производят с электронными узлами (смотри, в частности, приведенные выше сведения о немецких редукторостроительных фирмах).

Оценка объёмов редукторного производства. Ранее не было проблемы собирать

статистику потребностей, т. к. существовал Госплан. Действовали: ВНИИНМАШ (Всесоюзный научно-исследовательский институт по нормализации в машиностроении); ЦНИИТМАШ (Центральный НИИ тяжёлого машиностроения); ВНИИПТМАШ (ВНИИ подъёмно-транспортного машиностроения); ЦПКТБ (Центральное проектно-конструкторское и технологическое бюро) и многие другие; в 1968 г. был организован и ВНИИредуктор.

На отрезке 1960–1962 гг. в СССР ежегодно производилось 60 млн зубчатых

колёс общего применения. В 1964 г. только цилиндрических зубчатых колёс (без учёта конических и червячных передач) произведено было 32 млн шт. [3, С. 15, 23].

Принято было оперировать понятием «среднестатистический (средневзвешенный) редуктор» [3, С. 23; 4, С. 12].

Из гистограммы на рис. 1: по состоянию на начало 80-х гг. XX столетия годовое производство редукторов общемашиностроительного применения оценивалось

1330 тыс. шт. в год. Но на долю редукторов общемашиностроительного применения приходилось, как видно из [3, С. 84], всего 5,9 %, т. е. общее количество производимых в СССР редукторов во средневзвешенной их оценке определялось 22 млн шт. в год.

Из гистограмм на рис. 1 и 2: средневзвешенный момент равен 2400 Н·м; средневзвешенная частота вращения выходного вала – 49 мин⁻¹.

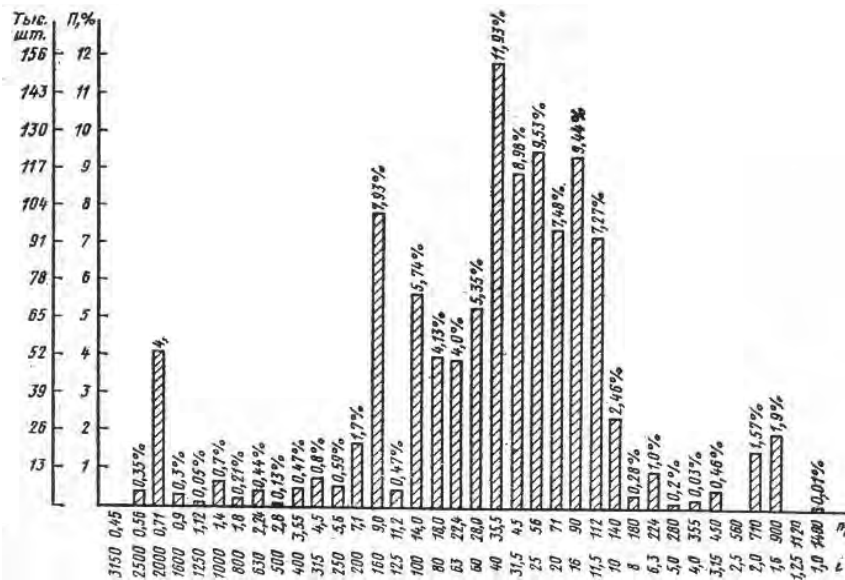


Рис. 2. Гистограмма, характеризующая потребность промышленности в редукторах с различными значениями частот вращения выходного вала и передаточных отношений

Цена одного такого средневзвешенного редуктора (у выходного вала момент 2400 Н·м, частота вращения 49 мин⁻¹) в настоящее время составляет 1000...1500 долл. США.

Итак, суммарная потребность редукторной продукции в странах бывшего СССР по текущим ценам оценивается величиной 20...30 млрд долл. США в год, а есть ещё Китай, Индия, Иран, Венесуэла и многие другие дружественные нам страны.

В Могилеве есть всё для организации мотор-редукторного производства, продукция которого никому не будет уступать в мире по качеству, но будет иметь существенно меньшую себестоимость изготовления.

Имеется шесть крупных машиностроительных заводов с соответствующими станками, оборудованием, отработанными технологиями – «Электродвигатель», «Строммаш», «Лифтмаш», «Трансмаш», «Техноприбор», автомобильный. Имеется и много других предприятий с хорошей машиностроительной базой – ОАО «Электромеханический завод», ремонтно-механический завод на территории «Могилевхимволокно» с цехом по производству зубчатых колёс, заводы «Зенит», металлургический и т. д.

За 46 лет существования Могилевский машиностроительный институт (а ныне Белорусско-Российский универси-

тет) выпустил большое количество инженеров-машиностроителей, а для редукторостроительной отрасли промышленности создал великолепную научную базу: в направлении редукторных приводов специализировано пять докторов и более десятка кандидатов наук, имеется аспирантура с Советом по защите диссертаций, открыта докторантура; этот специализированный научный потенциал хорошо натренирован в защите интеллектуальной собственности и сможет оградить производство могилёвской мотор-редукторной продукции соответствующим пакетом патентов (ставящим преграды тем производителям, которые захотят вытеснить нас с рынка мало отличающейся по устройству продукцией) и будет обеспечивать ей постоянное повышение технического уровня – обеспечит лидерство, а поэтому и экономические преимущества.

Мотор-редуктор в 5...15 раз имеет большую цену, чем просто электродвигатель. Зачем же на этой мало металлоёмкой продукции поднимать экономику других стран? За пределы республики (и области также) должны уходить не «голенькие» двигатели Могилёвского «Электродвигателя», а мотор-редукторы.

Электронные узлы не проблема для завода «Зенит» с кафедрой ЭПиАПУ Белорусско-Российского университета, имеющей достаточный опыт по созданию промышленных партий преобразователей частоты.

Мои коллеги-учёные (по вопросам редукторостроения) лучше меня смогут описать свои научные результаты. Могут лишь заметить: все они имеют заслуживающие внимания наработки, причём такие, которые могут реализовываться «в металл» на станках и оборудовании могилёвских заводов. Но у всех нас имеется общая беда – требуется увеличение внимания к науке вообще; организаторы производств должны «вернуться к науке лицом» и понимать, где наука, там всегда присутствует «делается впервые» (в противном случае это не наука, это подражание, позволяющее лишь плестись за лидерами); к результатам учёных нельзя предъявлять комплексы требований, ко-

торым должна удовлетворять лишь массово выпускаемая продукция; это невыполнимые требования для учёного с любой его лабораторией; это можно делать лишь совместными усилиями производителей и учёных.

Рассмотрим вопрос синусоэксцентрикковых передач. Нужные для производства синусоидальных канавок вертикально-фрезерные станки с ЧПУ имеются практически на каждом заводе.

Металлургический завод совместно с Институтом технологии металлов НАНБ обеспечат высокое качество и минимальные себестоимости деталям, изготавливаемым литьём.

Завод «Техноприбор» производит микро- и минисинусоэксцентрикковую редуцирующую продукцию. Причём не только общего назначения, но и для устройств, в приоритетные требования к которым включают условие «обеспечения высокой кинематической точности» – для робототехники, отсчётных устройств, настройки антенн, наводки стволов орудий и пр.; ведь всё ныне производимое отличается существенно меньшей себестоимостью синусоэксцентрикковых редуцирующих узлов. Тем более такие изделия принято называть «мелочёвкой»; она не требует сколько-нибудь ощутимых затрат на создание промышленных образцов, т. е. экономические риски по подготовке её производства пренебрежимо малы.

О преимуществах эксцентрикковых передач в общем плане. Автор данных строк оценивает: со временем синусоэксцентрикковые и эксцентрикковые зубчатые передачи на 60...80 % заменят традиционно-промышленные зубчатые передачи за счет большей долговечности и существенно меньшей себестоимости.

Дело в том, что традиционно-промышленные зубчатые передачи имеют два принципиальных недостатка: первый – существенно низкая долговечность; второй – существенно большое число относительно сложных в изготовлении деталей.

О первом недостатке. Специалисты считают, что главным направлением совершенствования редукторных передач на ближайшие десятилетия является увеличение, не менее чем на порядок, их ресурса [5]. Этот недостаток связан не с промахи проектировщиков, изготовителей или эксплуатационников. Он принципиальный: неудовлетворительная долговечность нормально (при соблюдении всех инструкций) эксплуатируемых зубчатых передач обусловлена наличием у них явления недопустимо существенного повышения контактных напряжений в околополюсных зонах и появлении, в связи с этим, питтинга [6]. У синусоэксцентриковых передач такого явления нет. Питтингоопасность отсутствует и у эксцентриковых зубчатых передач; у них, в отличие от промышленно-традиционных передач, выпуклые поверхности сопрягаются с вогнутыми и контактные напряжения поэтому в начале эксплуатации в десятки раз меньше пределов контактной выносливости взаимодействующих материалов; это объясняет, почему накопленный опыт эксплуатации не зафиксировал питтингоопасности у этой структурной разновидности зубчатых передач.

О втором недостатке традиционно-промышленных зубчатых передач. Он также принципиальный – большое число деталей (двух-, трёх- и более ступенчатые зубчатые передачи), используют ещё и электромагнитную ступень редуцирования – при одинаковой мощности идут на применение восьмиполюсных асинхронных двигателей (о недостатке такого решения уже было сказано – см. табл. 1); эксцентриковые передачи (синусные и зубчатые) обеспечивают практически любое необходимое передаточное отношение одной ступенью и имеют поэтому значительно меньшее число деталей. Они вытеснят на 60...80 % традиционно-промышленные зубчатые передачи.

Как распределятся области рационального использования между эксцентриковыми синусными и зубчатыми передачами? Говорить рано из-за недостатка данных. Что касается автора данных строк, то он расширяет накапливаемые сведения по синусоэксцентриковым зацеплениям и переходит к даче обобщающих сведений по этому классу редукторных передач (рис. 3).

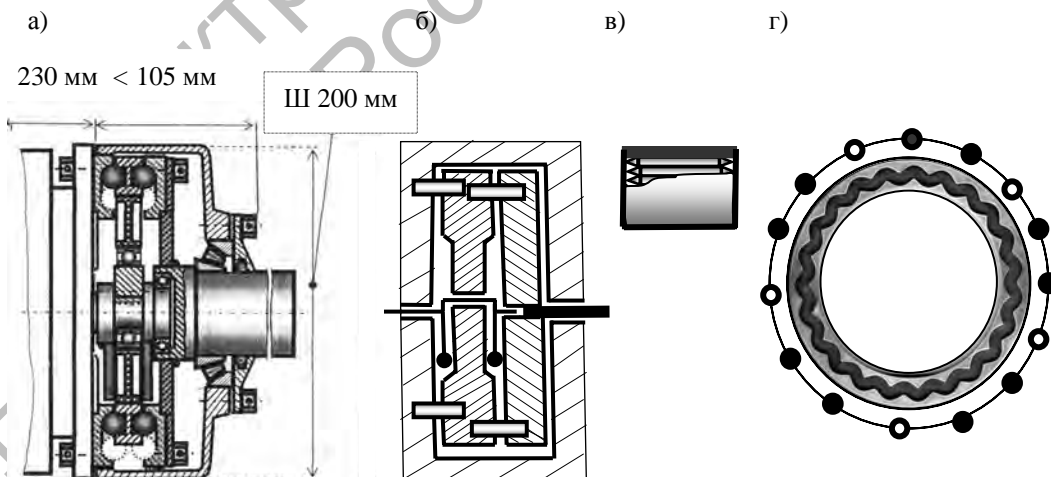


Рис. 3. К устройству синусоэксцентриковой передачи: а – вид мотор-редуктора «AIP71 + sinЭШ»; б – схемное изображение sinЭЦ; в – sinЭЦ с надетыми на цевки игольчатыми подшипниками – это sinЭП; г – графическое отображение одного из главных преимуществ (и силового, и кинематического) синусоэксцентриковых передач – у них зацепление многопарное, причём пары распределены под углом 360° равномерно; ● – в любой момент времени каждые два из трёх шариков участвуют в передаче момента; ○ – каждый третий шарик находится на участках холостого пробега

Главной особенностью редукторных устройств является огромное их разнообразие. В частности, цилиндрических зубчатых колёс насчитывают свыше 150 тысяч типоразмеров [3].

На рис. 3, а в качестве иллюстрации дано общее изображение конкретного проекта (из более 150 тысяч возможных) – мотор-редукторный ряд «АИР71 + $\sin\text{ЭШ}$ ». Он имеет 12 различных выходных характеристик (табл. 2). Пояснение: $12 = 4 \cdot 3$, где 4 означает, что один и тот же редуцирующий узел может компоноваться с че-

тырьмя различными двигателями Могилёвского завода «Электродвигатель» (АИР71В8, АИР71А6, АИР71А4 и АИР71А2); 3 – в рамках изображённых на рисунке габаритных и внутренних геометрических размеров синусоэксцентриковый шариковый ($\sin\text{ЭШ}$) редуктор обеспечивает различные передаточные отношения; *отличия лишь* в числах волн синусоидальных канавок и в числах, устанавливаемых в зацеплениях шариков (диаметры которых одинаковы – 14,3 мм).

Табл. 2. Основные технические характеристики мотор-редукторного ряда «АИР71+ $\sin\text{ЭШ}$ »

Параметры	Шифр асинхронного двигателя (Могилевский завод «Электродвигатель»)			
	АИР71В8	АИР71А6	АИР71А4	АИР71А2
Мощность, кВт	0,25	0,37	0,55	0,75
На валу $\sin\text{ЭШ}$				
Частота вращения, мин ⁻¹	5,7; 6,9; 120	7,6; 9,2; 160	11,2; 13,6; 230	23,3; 28,2; 490
Крутящий момент, Н·м	340; 280; 18	370; 300; 20	370; 300; 20	250; 210; 15

Организация, эксплуатирующая более десятка «АИР71 + $\sin\text{ЭШ}$ », избавляется от проблем «Резерв», «Запчасти», «Взаимозаменяемость» – у обладателя такого парка мотор-редукторов, несмотря на *различные* частоты вращения выходных валов, 80 % одинаковых деталей.

Нет проще передач, чем $\sin\text{ЭШ}$, для передач кинематического назначения – робототехника, отсчётные устройства, ориентация антенн, наведение стволов орудий и т. д. (в этих случаях рекомендуется, с целью повышения чувствительности регулировки, для крепления крышки к корпусу использовать мелкую резьбу). При применении $\sin\text{ЭШ}$ для целей позиционирования тяжестей с поиском производственных «ниш» нет – по той причине, что в этих случаях выпускаемая серийная продукция перебивается существенно меньшей себестоимостью $\sin\text{ЭШ}$.

Передача по рис. 3, б отличается от $\sin\text{ЭШ}$ тем, что вместо шариков исполь-

зуются цевки. Она названа синусоэксцентриковой цевочной ($\sin\text{ЭЦ}$).

Самыми простыми передачами для микро- и миниредукторов являются синусоэксцентриковые цевочные с габаритами, вписывающимися, например, в кубы 10Ч10Ч10 мм, ..., 50Ч50Ч50 мм. Основы технологии их изготовления см. в [7].

Если на цевки надевать игольчатые подшипники (рис. 3, в), получаются синусоэксцентриковые подшипниковые передачи ($\sin\text{ЭП}$).

Они интересны отсутствием проскальзываний между взаимодействующими деталями – везде *чистое качество*. В традиционно-промышленных же зубчатых вариантах исполнения передач имеются проскальзывания сопряжённых профилей друг относительно друга.

Поэтому $\sin\text{ЭП}$ рекомендуется использовать для мощных передач (для которых в приоритетных содержится признак КПД). При этом отметим следующее:

– весь комплект игольчатых подшипников (надетых на цевки) повышает себестоимость изделия всего на 1...3 %;

– монопольный диктат по ценам на игольчатые подшипники исключён по той причине, что только на территориях бывшего СССР имеется 24 подшипниковых завода, а есть ещё и дальше зарубежье и свой, Минский государственный подшипниковый завод.

Мировой рынок редукторной продукции оценивается несколькими сотнями миллиардов долларов США в год; это устойчивый в ближайшем обозримом будущем рынок. В Могилёве целесообразно создавать редукторостроительное производство; для этого у нас есть всё – имеется отличная машиностроительная база, опытные инженерные кадры; имеется и великолепный научно-технический потенциал, представителей которого не надо обучать и переспециализировать, они знают мировой уровень в этой области, имеют много своих, превышающих мировой уровень, наработок (по синусоэксцентриковым и эксцентриковым зубчатым передачам). Целесообразно начать с организации производства мотор-редукторов: для нашей экономики (области и республики) не выгодно продавать за рубеж просто электродвигатели Могилёвского завода «Электродвигатель» потому, что они в 5...15 раз дешевле мотор-редукторов; к сожалению, эту экономическую выгоду имеют пока не белорусы, а

зарубежные производители (приобретающие у нас электродвигатели и присоединяющие к ним свои редукторные приставки) – Псковский завод приводов, Санкт-Петербургский НТЦ «Редуктор» и другие. Такое положение дел надо изменять; руководство областью и республикой должны у себя дать ход редукторной ветви научно-технического прогресса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Чиликин, М. Г.** Общий курс электропривода / М. Г. Чиликин. – М.–Л. : Госэнергоиздат, 1961. – 472 с. : ил.
2. **Хаджиков, Р. Н.** Горная механика / Р. Н. Хаджиков. – М. : Углетехиздат, 1956. – 505 с. : ил.
3. **Громан, М. Б.** Основы нормализации зубчатых колёс / М. Б. Громан, П. С. Зак, М. А. Шлейфер. – М. : Изд-во Комитета стандартов, 1967. – 343 с. : ил.
4. Редукторы и мотор-редукторы общемашиностроительного применения : справочник / Л. С. Бойко [и др.]. – М. : Машиностроение, 1984. – 247 с. : ил.
5. **Вулгаков, Э. Б.** Новое поколение эвольвентных зубчатых передач / Э. Б. Вулгаков // Вестн. машиностроения. – 2004. – № 1. – С. 3–6.
6. **Игнатищев, Р. М.** Зубчатые передачи. Стратегия решения проблемы питтинга / Р. М. Игнатищев. – Могилёв : Белорус.-Рос. ун-т, 2007. – 24 с. : ил.
7. **Игнатищев, Р. М.** Шестерням весомая поддержка – синусоэксцентриковые передачи / Р. М. Игнатищев. – Могилёв : УПКП МОТ им. Спиридона Соболя, 2007. – 24 с. : ил.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 21.11.2007

R. M. Ignatishchev
Economic importance of reduction gear products for high-technology progress. Structure, specific features and advantages of sine-eccentric gears

The actuality of research in the direction of reduction gear products improvement is shown in the article. Its market in the nearest future is stable and large (only on the territory of the former USSR it is calculated in 20...30 billion USD). A sketchy description of a modern form of reduction gear production organization is given. Two principal drawbacks of tooth traditionally industrial products are mentioned. The article gives the description of the structure, peculiarities and advantages of sine-eccentric gears which due to their high quality and low cost will substantially restrict gear and worm products on the market of reduction gear products.