

Состояние индустрии зубчатых передач

В.И. Гольдфарб, д.т.н., проф., институт механики ИжГТУ, ООО «Механик» (Ижевск)

Введение

Зубчатые передачи находят чрезвычайно широкое применение во всех областях техники, определяя во многих случаях важнейшие технико-экономические и эксплуатационные характеристики соответствующих машин и устройств. Являясь традиционным видом механизмов (известны случаи применения зубчатых передач во 2 тысячелетии до новой эры), они тем не менее постоянно совершенствуются. За весьма длительный период своего существования передачи претерпевали ряд революционных совершенствований, к которым можно отнести, например, предложение великого математика Л. Эйлера использовать эвольвенту для профилирования зубьев колес (18 век), изобретение метода обкатки и реализующего этот метод оборудования для нарезания зубьев колес (19 век), разработку российским математиком Х. Гохманом дифференциального метода анализа пространственных зацеплений (19 век), изобретение Э. Вильдгабером (США) и последующее обоснование М.Л. Новиковым (СССР) нового вида зацепления (20 век) и многое другое. Большое влияние на развитие передач (как и практически всех видов техники), методов их проектирования, моделирования и изготовления оказало в 20 веке и продолжает оказывать в 21 веке появление компьютеров.

В настоящей статье автор не ставит задачу дать историческую ретроспективу развития зубчатых передач, тем более что это всеобъемлюще сделано в выдающихся работах проф. Ф.Л. Литвина [1,2 и других]. Целью статьи является некоторый обзор состояния индустрии зубчатых передач, основанный на материалах публикаций в журнале Gear Technology,

официально издаваемом американской ассоциацией AGMA – производителей зубчатых передач, и ряде других немногих публикаций по данному вопросу.

1. Тенденции развития рынка производства и потребления зубчатых передач

По свидетельству экспертов мировой рынок производства и потребления передач в конце 90-х годов прошлого столетия превышал 70 млрд долларов США с устойчивой тенденцией к росту, ежегодно увеличиваясь на 4-6%. В 2005 году этот объем достиг около 100 млрд долларов. Не случаен поэтому интерес к зубчатым передачам как разработчиков, производителей и потребителей этой продукции, так и экономистов, изучающих тенденции в различных сферах производства для подготовки экономических прогнозов их развития и перспективного планирования.

Самым большим в мире является американский рынок зубчатых передач, который составляет около 30% их мирового потребления. К началу 21 века промышленность по производству зубчатых передач США состояла более чем из 300 фирм с численностью около 85 тысяч человек.

Четыре наиболее значительные области рынка для зубчатых передач включают автомобильную промышленность, общее машиностроение (в том числе станкостроение, подъемно-транспортное машиностроение и другие отрасли), аэрокосмическую отрасль и судостроение. В США около 80% поставок передач было направлено в автомобильную промышленность (в глобальном мировом объеме поставок передач в эту отрасль процент заметно ниже – до 65%), рынок которой характеризуется повышенными требованиями к качеству, являющимся критическим элементом сохранения конкурентоспособности.

Импорт составляет более 25% от общего количества передач, производимых в США, причем доля импорта ежегодно увеличивается. Увеличение импорта передач в

Veniamin Goldfarb – Doctor of science (Tech.), Professor of Izhevsky Technical University, is one of the top specialists in Russia in the field of gears.

His article tells us about the world market trends of tooth gears and about the specificity of gear using in valve industry.

США объясняется главным образом более дешевой продукцией иностранных производителей. Кроме того, возросло число сборочных заводов в США, принадлежащих японским производителям, и соответственно возрос импорт комплектующих, в том числе зубчатых передач. Объем экспорта на 2-3% уступает импорту.

Наиболее крупными производителями передач в мире, кроме США, являются Япония, Германия, Китай, Италия, Франция, Англия и ряд других государств.

Продукция японской зубообрабатывающей промышленности состоит, главным образом, из колес для автомобилестроения, остальная часть идет в общее машиностроение и судостроение. К концу 20 века объем производства зубчатых колес в Японии достигал 15 млрд долларов, из них экспорт составлял 25-27% при импорте менее 8%.

Германия является технологическим лидером в области промышленных зубчатых передач, применяемых в общем машиностроении. В отличие от других производителей, поставки таких передач достигают больше половины общего объема производства. Германия является также лидером в производстве судовых передач, особенно для дизельных двигателей, и большое число фирм занято именно этим производством. Промышленность Германии производила к началу 21 века зубчатой продукции на сумму около 10 млрд долларов. Из них более 30% идет на экспорт, импорт покрывает 17% внутреннего потребления передач и идет главным образом из Франции и Италии.

Большой интерес представляют данные опроса производителей зубчатых передач о состоянии индустрии передач, выполненного в 2007 году журналом Gear Technology. Приглашение участвовать в этом опросе было послано тысячам респондентов.

Главный результат опроса – 91% респондентов оптимистично рассматривают перспективы возможностей и конкурентоспособности зубчатой индустрии. 71% респондентов показали следующие показатели роста объемов собственного производства в 2007 году: 26% – до 10%, 22% – на 11...20%, 21% – более 20%; у 16% респондентов объемы производства не изменились; при этом 79% респондентов ожидали в 2008 году еще большего роста этих объемов. Ситуация с изменением объема продаж очень похожа на предыдущую: у 70% респондентов объем

продаж в 2007 году вырос от 18 до 30%, 75% ожидали дальнейшего его роста в 2008 году.

Журнал поместил следующие данные о компаниях, принявших участие в опросе:

- размер компании: 10% – до 10 человек, 16% – от 20 до 49, 13% – от 50 до 99, 31% – от 100 до 199, 11% – от 200 до 500, 19% – более 500 человек;
- вложенный капитал в 2007 году: 5% – более 50 млн долларов США, 13% – от 10 до 50 млн, 39% – от 1,0 до 10 млн, 28% – от 0,1 до 1,0 млн, 16% – менее 0,1 млн;
- объем продаж компаний: 10% – до 0,1 млн, 5% – от 0,1 до 0,5 млн, 4% – от 0,5 до 1,0 млн, 12% – от 1,0 до 5,0 млн, 9% – от 5,0 до 10,0 млн, 24% – от 10 до 50 млн, 8% – от 50 до 100 млн, 29% – свыше 100 млн долларов США.

Респонденты следующим образом описывают используемое ими оборудование и технологию:

- 18% – мирового класса, 21 века;
- 47% – конкурентоспособные;
- 27% – достаточно хорошие с резервами для улучшения;
- 6% – оборудование начинает показывать свой возраст.

Кстати, по данным коммерческих обзоров у американских производителей передач имеется некоторое отставание по применению новых производственных технологий от японских и немецких. Это объясняется тем, что основные мировые производители зубообрабатывающих станков и другого оборудования для производства передач находятся в Японии и Западной Европе, в особенности в Германии. Находящееся в эксплуатации оборудование у производителей США старше, чем на заводах Германии и Японии: 88% парка зубообрабатывающего оборудования в США старше 10 лет, тогда как в Японии процент такого оборудования составил лишь 6,3%. По германским данным критический срок эксплуатации оборудования не должен превышать 10 лет.

Другие интересные данные вышеупомянутого обзора заключаются в следующем:

- исходные методы формообразования зубьев распределяются таким образом: 92% – нарезание, 2% – накатка, 1% – штамповка или литье пластмассовых колес, 0,5% – производство из металло-порошковых материалов, 4% – другие виды обработки;



Фото с сайтов: www.prst.ru, www.may.ru, www.neftemash.ru

● что заботит прежде всего производителей передач: понижение стоимости, уменьшение времени выполнения заказа, повышение качества, под которым понимается не только качество продукции, но и качество производственной системы предприятия.

Отдельной строкой большая часть американских респондентов отметила ожидаемое увеличение экспорта и повышение конкурентоспособности, благодаря ослаблению доллара, и озабоченность по поводу развития производства в Китае и трудностями конкуренции с более дешевыми китайскими изделиями.

2. Зубчатые передачи в арматуростроении

Арматуростроение, как пользователь зубчатых передач, относится к направлению общего машиностроения. Основная роль зубчатых передач здесь – передавать движение (главным образом вращение) и момент от управляющего органа (электро-, гидро-, пневмопривода, маховика ручного управления) к рабочему органу арматуры.

Области применения передач в приводах трубопроводной арматуры (ТПА) можно разделить на 2 сферы:

- а) передачи редукторов ручного управления,
- б) передачи, встроенные в электроприводы.

В редукторах ручного управления выбор типа передачи зависит, главным образом, от величины необходимого передаточного числа U , которое, в свою очередь, определяется величиной создаваемого арматурой нагрузочного момента T_2 на выходном валу редуктора и ограниченного возможностями оператора момента T_1 на входном валу (момента на маховике управления). Для небольших значений T_2 (до 600...800 Нм) и, следовательно, небольших значений $U = 3...6$ находят применение конические, цилиндрические и в редких случаях гипоидные передачи. Использование последних далеко не всегда рационально вследствие особенностей (трудностей) технологического характера (для их изготовления необходимо применение специального оборудования и оснастки) и повышенной чувствительности передачи к погрешностям осевого положения шестерни. Уже при названных значениях T_2 широко применяются (в 60% случаев) передачи типа червячных (червячные цилиндрические, спироидные), диапазон предпочтительных передаточных чисел в которых весьма широк для одной пары – от 8 до 80. При этом удается су-

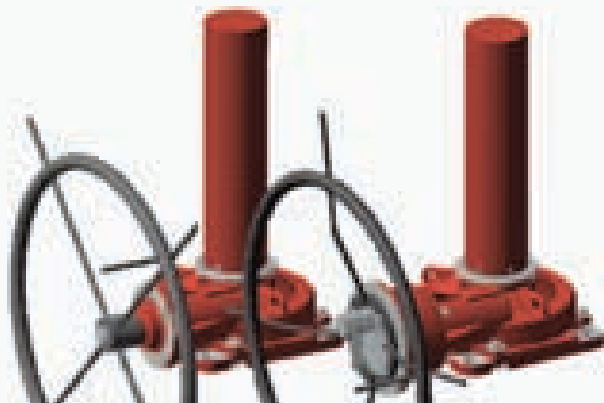


шественно понизить значение T_1 и, следовательно, облегчить работу оператора. При значениях $T_2 > 1000$ Нм и $U > 10$ возможно применение многоступенчатых цилиндрических или цилиндро-конических передач, но по соображениям технико-экономического характера целесообразно использование червячных передач (мировая практика более чем в 90% подтверждает этот выбор). Появившиеся около 10 лет назад на рынке арматуростроения спироидные передачи [3, 4, 5], которые благодаря особенностям геометрии и кинематики зацепления предпочтительнее червячных [6, 7, 8], находят все большее применение в редукторах ручного управления, обеспечивая снижение массогабаритных (и стоимостных) характеристик привода в целом и повышение его важнейших эксплуатационных показателей – нагрузочной и, в особенности, перегрузочной способности, надежности, долговечности.



В электроприводах в настоящее время находят широкое применение планетарные передачи, в том числе с промежуточными телами качения, благодаря их компоновочным свойствам, и червячные передачи в узле ручного управления. В механизмах настройки и отсчета положения рабочего органа арматуры в электроприводах используются многоступенчатые цилиндрические передачи. Однако в последние годы укрепляется тенденция замены этих механизмов на блоки электронного регулирования и управления, выносимые за пределы электропривода в специальную стойку.

Другая также активно развивающаяся тенденция заключается в применении комбинированного электропривода, состоящего собственно из электропривода и силового узла в виде редуктора, решающего задачи понижения частоты вращения от выходного вала электропривода до рабочего органа ТПА и обеспечения необходимого крутящего мо-



мента для перемещения этого органа. Практика применения червячных и, в особенности, спироидных редукторов в указанных комбинированных приводах показала высокую эффективность такого решения, обеспечивая заметное снижение габаритов и стоимости электропривода.

Перспективы применения зубчатых передач в арматуростроении, как и в других областях техники, связаны с повышением их нагрузочной способности и к.п.д. с одновременным снижением массо-габаритных и стоимостных показателей. В арматуростроении совершенствование техники приводов на основе зубчатых передач связано, кроме того, с созданием механизмов, обеспечивающих изменение скорости управления в зависимости от нагрузочного режима (при меньших нагрузках желательна большая скорость управления) и с введением в приводы элементов диагностики, позволяющих оценивать состояние как привода, так и арматуры в целом, в зависимости от режимов и времени эксплуатации.

В заключение отметим, что при многих общих тенденциях развития индустрии зубчатых передач, каждая отрасль, в том числе и арматуростроение, предъявляет к этим тенденциям свои специфические требования, связанные с условиями эксплуатации соответствующего оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений, Наука, М., 1968, 584 стр.
2. Litvin F.L. Theory of gearing. NASA Publication, Washington D.C., U.S.A., 1989
3. Гольдфарб В.И., Макаров В.В., Маслов В.М. Перспективы развития приводной техники для трубопроводной арматуры. Арматуростроение, С-Петербург, 2005, №5, с.43-45
4. Гольдфарб В.И., Макаров В.В. Совершенствование техники приводов для трубопроводной арматуры. Технологии ТЭК, М., 2005, №4, с.42-44
5. Goldfarb V.I., Trubachev E.S., Makarov V.V. A new generation of drives for pipeline valves. Valve World, Volume 11, Issue 6, 2006, p.32-36
6. Nelson W.D. Spiroid gearing. Part 1,2,3. Machine Design, 1961, vol.33, (4): p.136-144, (5): p.93-100, (6): p.165-171
7. Георгиев А.К., Гольдфарб В.И. Аспекты геометрической теории и результаты исследования спироидных передач с цилиндрическими червяками. М., Наука, Механика машин, 1971, вып.31, с.70-80
8. Гольдфарб В.И. Что мы знаем о спироидных передачах. Труды международной конференции по механическим трансмиссиям. Китай, том.1, Science Press, 2006, с.19-26