

ГЕРМОМЕХАНИКА, ЕЕ РОЛЬ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ЭКОНОМИЧНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ НАСОСНОГО И КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В.А. Марцинковский, д-р техн. наук, проф.
Сумский государственный университет

Если оглянуться на прошедшие годы и столетия, то легко убедиться в том, что с развитием цивилизации непрерывно растут потребности в перекачивании и переработке все больших масс жидких и газообразных продуктов. На эти процессы, осуществляемые насосами и компрессорами, затрачивается значительная доля вырабатываемой в мире энергии. В свою очередь, процессы перекачки сопровождаются неизбежными потерями перекачиваемых продуктов, которые составляют основной источник загрязнения окружающей среды. Поскольку потери происходят из-за несовершенства уплотнений, экономичность, надежность и безопасность насосов и компрессоров во многом определяются техническим уровнем систем герметизации.

ГЕРМОМЕХАНИКА

В последние годы на базе такой важной отрасли машиностроения, как гермотехника и ее теоретической основы - герметологии сформировалась новая научная дисциплина – *гермомеханика*, которая представляет собой синтетическую науку о процессах и технических средствах герметизации в самом широком понимании [1].

Основные трудности в решении задач гермомеханики обусловлены разнообразием физических процессов, используемых для герметизации, разнообразием конструкций герметизаторов. Механические торцовые уплотнения существенно отличаются от прокладок, щелевые уплотнения - от резиновых колец, сальники - от саморегулируемых торцовых уплотнений, лабиринтные уплотнения - от жидкометаллических, манжеты от импеллеров, магнитожидкостные - от мембран, поршневые кольца от щеточных уплотнений и т.д. Все эти непохожие устройства объединяет общая, трудно достижимая цель - устранение или ограничение перетоков жидких и газообразных сред через каналы, на которых дросселируются значительные перепады давления.

Обилие механизмов герметизации диктуется разнообразием условий работы и предъявляемых к уплотнениям требований.

Более широкую трактовку процессов герметизации дает Э.П. Кревсун в своей книге “Торцовые герметизаторы вращающихся валов” (Минск, 1988): “Процесс герметизации сопровождает любое естественное явление природы. По сути дела, это частный случай процесса переноса, когда поток субстанции, движущейся через тракт переноса, подвергается частичному или в идеале полному торможению. Ограничение утечки перекачиваемой среды вдоль вращающегося вала насоса, прекращение выделения крови на кончике пальца после прокола для отбора на анализ, таможенный контроль для задержки контрабандных товаров, физическая защита объектов против несанкционированного доступа, наконец, процесс засекречивания информации - все это можно отнести к процессам герметизации. Несомненно, что герметологию, как область остро востребованных знаний, ждет большое будущее”.

Гермомеханика имеет ярко выраженный межотраслевой и межнаучный характер. Современные уплотнения, в частности уплотнения роторов, являются сложными триботехническими системами. Они аккумулируют в себе новейшие достижения различных отраслей науки и техники: трибомеханики, материаловедения, теплопередачи, теории упругости, гидрогазодинамики, теории колебаний, гидроаэроупругости, теории оптимизации гидромеханических систем и т.д. Уплотнения вращающихся валов - прецизионные узлы, которые изготавливаются из сверхтвердых композитов. Допуски на неплоскостность торцовых контактных поверхностей составляют десятые доли микрометра, а глубина профилированных серповидных канавок в газовых торцовых уплотнениях измеряется несколькими микрометрами. В процессе изготовления таких узлов приходится решать ряд сложных технологических задач. Очень важной остается проблема создания износостойких антифрикционных материалов и защитных пленок, способных сохранять исходную геометрию трущихся поверхностей, подверженных

действию высоких силовых и температурных нагрузок при работе в различных агрессивных средах.

В наше время уровень уплотнительной техники является важным показателем развития промышленности той или иной страны. Прогресс в тепловой и атомной энергетике, горнорудной и химической промышленности, судостроении, авиации, космонавтике невозможен без умения производить надежные уплотнения неподвижных и особенно подвижных соединений. Техническим уровнем систем герметизации в значительной мере определяется эффективность самых разнообразных технологических систем, начиная с откачки фекалий и очистки сточных вод и кончая атомной энергетикой и космической техникой.

Знание основ гермомеханики - необходимое условие успешной работы конструктора в любой отрасли машиностроения. Не менее важна роль обслуживающего персонала. Монтаж, наладка, ремонт и контроль за работой уплотнений должны выполняться хорошо подготовленными специалистами. Поэтому на машиностроительных специальностях вузов нужно вводить курс лекций по гермомеханике.

Некоторый опыт в этой области уже накоплен в Сумском госуниверситете. На специальности "Динамика и прочность" механико-математического факультета ведется подготовка специалистов всех уровней, от бакалавра до магистра, по гермомеханике и виброненадежности роторных машин. Подготовка кадров по гермомеханике требует затрат. Однако, учитывая роль уплотнений в обеспечении безопасности, в энерго- и ресурсосбережении не только отдельных агрегатов, но и крупных производств такие затраты быстро окупаются.

НАСОСЫ И УПЛОТНЕНИЯ

Одной из наиболее важных и сложных проблем современного машиностроения является проблема герметизации роторов центробежных насосов и компрессоров, в которых перекачиваемая жидкая или газообразная среда находится под большим (до 50-100 МПа) давлением, при этом необходимо предотвратить ее вытекание через неизбежные зазоры между вращающимся, вибрирующим валом и неподвижным корпусом. Напрямую такая задача в принципе не имеет решения, поэтому уплотнения роторов разрастаются в сложные, многосвязные гидромеханические системы, состоящие из нескольких ступеней уплотнений, системы подготовки (охлаждение, очистка) и подачи запирающей среды, приборов контроля основных параметров и системы аварийного отключения машины. Тем не менее протечки остаются, подчиняясь одному из универсальных законов Мерфи: "Все герметичные соединения хоть что-нибудь, но пропускают".

Некоторое представление о количестве эксплуатируемого насосного оборудования можно получить на основании следующих данных.

В настоящее время на Украине работает 5 атомных электростанций с тринадцатью атомными реакторами мощностью по 1000 МВт. Каждый энергоблок с реактором РБМК-1000 (реактор большой мощности канальный, мощностью 1000 МВт) комплектуется 480 единицами насосных агрегатов, потребляющих 12% мощности блока. Расход воды, циркулирующей в первом контуре ВВЭР-1000 (водо-водяной энергетический реактор), составляет 80 000 м³/ч, а расход в системе технического водоснабжения блока – 200 000 м³/ч [2].

На добычу одной тонны нефти затрачивается до десяти тонн воды, а на производство тонны капронового волокна – 5600 т. Подобные масштабы расходов воды характерны для горнодобывающей, металлургической, нефтехимической, фармацевтической, целлюлозно-бумажной, пищевой и др. отраслей промышленности. На самолете ТУ-144 установлено около 40 различных центробежных насосов [3].

Таким образом, количество эксплуатируемых на Украине насосов измеряется многими сотнями тысяч агрегатов, работа которых сопровождается протечками, загрязняющими окружающую среду, уносящими не только миллионы тонн перекачиваемых жидкостей и газов, но и большое количество электроэнергии.

ГЕРМОМЕХАНИКА: СВЯЗЬ С ЭКОНОМИКОЙ И ЭКОЛОГИЕЙ

Значимость проблем герметизации можно показать на примере водоснабжения. Прежде всего отметим, что общая протяженность водопроводно-канализационных сетей на Украине достигает 86 тыс.км, а потребление ими электроэнергии в 1998 году составило 7,2 млрд. кВт·ч, или 3,9% от ее общего потребления. Среднесуточное потребление воды на Украине составляет 350-400 л на одного человека [3], что эквивалентно общему расходу по стране до 850 тыс. м³/ч. Для перекачки такого объема воды требуется порядка 40 тыс. насосов. По всем насосам водоснабжения суммарные протечки достигают 30% потребляемой воды. О размерах потерь свидетельствует и тот факт, что в крупных европейских городах потребление воды более чем в два раза меньше (100-200 л/сутки) при отсутствии привычных для нас перебоев в водоснабжении. Стоимость только электроэнергии, теряемой на протечки, оценивается тридцатью миллионами гривен.

Потребности в перекачке различных жидких и газообразных сред, а также в повышенных давлениях непрерывно растут. Альтернативы насосам и компрессорам пока нет. Их работа сопровождается протечками, загрязняющими окружающую среду, уносящими не только миллионы тонн перекачиваемых продуктов, но и огромное количество электроэнергии. По данным американских исследователей только в США стоимость теряемых через уплотнения жидкостей составляет около 300 млн. долларов в год (по состоянию на 1997 г.).

Особую актуальность проблемы герметизации приобретают в связи с неотложными задачами защиты окружающей среды: по некоторым данным около 60% выбросов в атмосферу составляют неконтролируемые протечки через уплотнения. Даже для агрессивных жидкостей нормальными считаются протечки через сальниковые уплотнения на уровне до 2,0 л/час. В год это составляет 16 т перекачиваемой среды только через одно уплотнение. Эти тонны нужно собирать и обезвреживать, а это большие дополнительные затраты.

Уплотнения неподвижных и особенно подвижных соединений являются важнейшими узлами, обеспечивающими надежность, экономичность и безопасность технологического оборудования. Аварийные отказы уплотнений чаще всего являются причинами крупных техногенных катастроф (аварии на нефте- и газоперекачивающих станциях, на химических и нефтеперерабатывающих производствах, в ракетно-космической технике, на атомных электростанциях и т.д.). Достаточно вспомнить крупнейшую в истории трубопроводного транспорта аварию на продуктопроводе вблизи Уфы в 1989 г: в результате взрыва из-за утечки нефтепродуктов погибло 650 человек и уничтожено сотни гектаров леса. Вынужденные простои технологических линий и систем из-за отказов уплотнений наносят огромный экономический ущерб, а ремонт уплотнений требует больших затрат ручного труда и дорогостоящих материалов.

Таким образом, надежность и герметичность уплотнений - решающие факторы экологической безопасности, ресурсо- и энергосбережения.

ЭКОЛОГИЯ И ЭНЕРГЕТИКА

Экология неотделима от энергетики. Например, энергоблок мощностью 1000 МВт тепловой электростанции сжигает в год 2,3 млн. т угля, 8 млн. т кислорода и потребляет 1,5 млрд. м³ воды. При этом в атмосферу выбрасывается 210 000 м³ золы, 72 500 т углекислого газа, 350 т окислов азота, 1100 т сернистого ангидрида, являющегося одним из основных промышленных газов, отравляющих атмосферу [4]. Исследования, проведенные в США, показали, что ущерб от коррозии металлов, вызываемой сернистым газом атмосферы, в 2000 году достиг 25 млрд. дол. в год. Наличие даже нескольких частей сернистого газа в миллионе частей воздуха представляет опасность для здоровья, вызывает сужение бронхов и воспаление их слизистой оболочки. Пока еще нет экономически оправданных методов улавливания сернистого газа, и его выбросы продолжают угрожающе расти. По-видимому, единственный радикальный способ замедлить этот рост – уменьшить долю тепловых электростанций в общей структуре энергетики. Сейчас же в общем мировом объеме выработки электроэнергии доля тепловых станций составляет ~63%.

Противоречия между непрерывно растущими потребностями в электроэнергии и необходимостью сохранить нормальные условия жизни на Земле, обострившиеся из-за энергетического кризиса в первой половине 70-х годов, вынудили правительства ведущих стран мира вести скоординированную межгосударственную политику в области энергетики и охраны окружающей среды. Прежде всего речь идет о разработке энерго- и ресурсосберегающих технологий, о повышении экологической грамотности населения, о воспитании людей в духе рачительного отношения к природным богатствам.

У нас на этом пути очень много работы, поскольку от трети до половины вырабатываемой электроэнергии теряется впустую или используется крайне нерационально. Долго позволять себе такое расточительство по отношению к невозполнимым минеральным ресурсам и чистоте окружающей среды - самоубийственно для нации.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ СТАНДАРТОВ

За рубежом обеспечение качества и надежности уплотнений достигается за счет постоянного повышения экологических требований, государственной и международной стандартизации.

С развитием цивилизации необходимость сохранения и защиты окружающей среды осознается все отчетливее. В 1996 г. Международная Организация Стандартизации (ISO) приняла основополагающие стандарты серии 14000 “Управление качеством окружающей среды”. С 1-го июля 1996 г. они приняты в качестве унифицированных международных стандартов, а с 01.01.98 г. введены и на Украине. Для оценки соответствия различных машин, оборудования, материалов этим стандартам предусмотрена экологическая сертификация, распространяющаяся как на экологически опасные производства и технологические процессы, так и на продукцию, вырабатываемую с использованием ресурсосберегающих и безотходных технологий.

В развитие стандартов серии ISO 14000 разработаны стандарты API (American Petroleum Institute) 610 “Центробежные насосы для нефтяной, химической с тяжелыми условиями работы и газовой промышленности” и API 682 “Уплотнительные системы вала для центробежных и роторных насосов”. В этих стандартах отражены лучшие, проверенные многолетним опытом эксплуатации в экстремальных условиях решения. Стандарты отличаются практичностью, комплексностью, направленностью на повышение герметичности, надежности и на снижение эксплуатационных издержек. Основное требование упомянутых стандартов сводится к тому, что надежность всех элементов, включая уплотнения, должна обеспечивать не менее как трехлетнюю безремонтную эксплуатацию насосного оборудования. У нас для выполнения этих требований необходимы огромные усилия по созданию новых и совершенствованию существующих методов и систем герметизации различных сред в различных условиях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На Западе уже в основном достигнуто понимание экономической целесообразности использования надежных систем герметизации. Поэтому производители насосного и компрессорного оборудования не жалеют средств на покупку самых современных уплотнений (стоимость одного узла торцового уплотнения колеблется в пределах от 2 до 15 тыс. дол. США), отвечающих всем требованиям международных и национальных стандартов. Производство уплотнений является высокорентабельной, высокотехнологичной отраслью машиностроения, которая имеет возможность инвестировать значительные средства на научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы. В конечном счете - это прямые инвестиции в сохранение окружающего мира.

Связь проблем энергетики и экологии с системами герметизации машин и оборудования на Украине пока осознана недостаточно. Нет нужного понимания важности и сложности проблем гермомеханики. Это лишает производителей уплотнений стимула к повышению качества продукции и культуры производства. Даже если покупаются хорошие уплотнения, то крайне низким остается, как правило, обслуживание этих прецизионных узлов.

Если мы хотим занять достойное место в ряду цивилизованных государств, то нужно начинать с просвещения технического персонала, занимающегося монтажом и обслуживанием уплотнений. Помочь в этом может объединение усилий экологов, экономистов и гермомехаников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марцинковский В.А. Гермомеханика и ее место в ряду технических наук / Труды 10-й Международной науч.-техн. конференции «Герметичность, вибронадежность и экологическая безопасность насосного и компрессорного оборудования». - Сумы, 2002. - Том 1. - С.7-10.
2. Марцинковский В.А., Ворона П.Н. Насосы атомных электростанций. - М.: Энергоатомиздат. - 1987. - 256 с.
3. Марцинковский В.А. Гидродинамика дросселирующих каналов. - Сумы: Изд-во СумГУ, 2002.- 337 с.
4. Девинс Д. Энергия. – М.: Энергоатомиздат. 1985. – 360 с.

Поступила в редакцию 15 октября 2004г