

ГЕРВИКОН
HERVICON

ЭККОН
ЕККОН



6 - 9 сентября 2011, СумГУ, г. Сумы, Украина

XIII Международная научно-техническая конференция "ГЕРВИКОН-2011"
Международный форум "НАСОСЫ-2011"
Семинар "ЭККОН-11"

НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ТОРЦОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ РОТОРНЫХ МАШИН

Москаленко В.В.¹, Белкин В.З.², Профатилов А.Л.³, Симовоник И.Р.⁴

АННОТАЦИЯ

Отмечается, что использование стандарта ISO21049 на стадии разработки, выбора и производства торцовых уплотнений является недостаточным условием для обеспечения их надёжности и безопасности в процессе эксплуатации. Требуется переход на фирменный метод технического обслуживания (ГОСТ 18322-78). На примере опыта фирмы EagleBurgmann показана высокая эффективность системы комплексного техобслуживания TotalSealCare™.

Ключевые слова: машины роторные, уплотнения торцовые, системы уплотнительные, модернизация, безопасность, надёжность, ресурсосбережение.

¹Москаленко Владимир Владимирович, к.т.н., директор, общество с ограниченной ответственностью Научно-производственное предприятие «Техногерм», ул. Комсомольская, 130, 40009, г. Сумы, Украина тел. (0542) 610-324, факс (0542)610-325, e-mail: mdv@technogerm.sumy.ua.

² Белкин Виталий Зиновьевич, менеджер по продажам, отдел прямых продаж и торговых агентов, EagleBurgmannGermanyGmbH&Co. KG, AeussereSauerlacherStrasse 6-10, 82515 Wolfratshausen / Germany, www.eagleburgmann.com.

³Профатилов Андрей Леонидович, заместитель директора, общество с ограниченной ответственностью «Инженерно-технический центр «Турбомаш сервис», ул. Пивоварова, 1-В, 93400, г. Северодонецк, Луганская обл., Украина.

⁴Симовоник Игорь Романович, главный инженер, Закрытое Акционерное Общество «Профессионал», ул.Ленина, 19, 65481, г.Южный, Одесская обл., Украина.

В настоящее время в насосах, компрессорах, миксерах и в других роторных машинах торцовые уплотнения вала являются наиболее применяемыми при герметизации вредных или опасных технологических продуктов.

Начиная с 1994 года основным направлением повышения надежности и безопасности торцовых уплотнений является приведение их в соответствие с американским стандартом API682, который в 2004 году получил статус международного стандарта ISO21049 [1]. Стандарт представляет собой комплекс организационно-технических мероприятий по разработке и изготовлению уплотнительных систем с торцовыми уплотнениями повышенной надежности, безопасности и экономичности. Критериями соответствия этим показателям являются:

- межремонтный ресурс не менее 25000 часов при допустимой утечке не более 1000 ppmvol по методу 21 EPA (Европейское агентство по защите окружающей среды);
- применение резервирования для одинарных торцовых уплотнений;
- уменьшение стоимости эксплуатации торцовых уплотнений и их уплотнительных систем.

В разработке ISO21049 принимали участие все ведущие производители торцовых уплотнений, включая компанию EagleBurgmann.

Хотя стандарт предназначен для центробежных и роторных насосов нефте-химической и газовой промышленности, а также имеет ограничения по ряду показателей применимости, принципиально он используется для всех роторных машин при самых разнообразных условиях эксплуатации.

За прошедшие годы это направление обеспечило значительный прогресс в повышении конструктивно-производственной надежности и безопасности торцовых уплотнений. Достигнуто также определенное снижение эксплуатационных издержек благодаря повышенной надежности, высокой степени унификации и взаимозаменяемости уплотнений в новом оборудовании, выпущенным в соответствии с ISO 21049. Однако в эксплуатации, особенно на украинских предприятиях, это направление еще недостаточно используется в связи с целым рядом объективных и субъективных причин.

В Украине одной из основных причин, по мнению авторов, является недостаточная экономическая заинтересованность в снятии с эксплуатации морально устаревшей уплотнительной техники. Усугубляет ситуацию существование определенного конфликта интересов как в спросе, так и в предложениях. Например, ориентация спроса на минимизацию закупочных цен стимулируют выпуск и поставку в эксплуатацию псевдо новой, но сравнительно дешевой уплотнительной техники. Такой спрос максимально рентабелен для поставщиков, так как не требует сервисного сопровождения и способствует сохранению количества продаж в связи с неизменностью показателей надежности. С другой стороны, качественно новая техника

имеет не только более высокую цену, но и, как правило, требует трудоемкой реконструкции оборудования, внесения определенных изменений в эксплуатационные регламенты, повышения компетентности персонала и т.д. Однако, именно эти обоюдные первоначальные затраты являются признаком действительной, а не формальной модернизации, перспективная доходность которой, может многократно превышать экономию на закупочных ценах.

Для изменения спроса в прогрессивном направлении, важное значение имеет технико-экономическая информация, показывающая выгодность качественной и широкомасштабной модернизации эксплуатируемого оборудования. В связи с этим, заслуживает внимания опыт компаний EagleBurgmann в этом направлении. Например, исследования EagleBurgmann показывают (табл. 1), что торцовые уплотнения являются наименее надежным и, как следствие наиболее дорогим по ремонтным затратам компонентом насосов.

Таблица 1 - Структура отказов и ремонтных затрат для центробежных насосов в нефтехимических производствах⁵

Компонент насоса	Отказы, %	Затраты, %
Корпус	1	1
Рабочее колесо	3	2
Торцовое уплотнение	39	44
Подшипники	15	18
Муфта	5	30
Прочие	39	5

Таблица 2 - Основные причины отказов торцовых уплотнений⁶

Причины отказа	Наименование отказа	Кол., %
Неправильная сборка или монтаж	эксплуатационный	5
Термическое повреждение пары трения	эксплуатационный	55
Ускоренный износ пар трения или вторичных уплотнений	эксплуатационный	8
Материальное исполнение	эксплуатационный или конструктивный	7
Прочие	эксплуатационный	25

⁵Источник: OMV AG, Pumpen in der Verfahrenstechnik, 2002.

⁶Источник: EBI-Failure Analysis, 2006.

Из табл.2 видно, что большинство отказов являются эксплуатационными, то есть вызванными несовместимостью конструктивных показателей применяемости уплотнений и реальных условий эксплуатации. Эти данные свидетельствуют о потенциале возможной экономии ремонтных затрат за счет изменения конструктивных решений. Из практики известно, что это является более выгодным путем, чем изменения эксплуатационные, тем более что, современные уплотнительные системы по ISO 21049 позволяют с помощью функционально-стоимостного анализа выбрать наиболее рациональное решение для конкретных эксплуатационных требований. При этом сокращение ремонтных издержек может составить лишь незначительную часть экономического эффекта, если при постановке целей и задач модернизации учитывать и другие источники ресурсосбережения.

Рекомендации ISO 21049 и опыт показывают, что во многих случаях наиболее экономичными и безопасными являются системы, *Исполнения 1* с одинарным уплотнением. Степень экологической безопасности такой системы определяется уровнем утечки через торцовое уплотнение, а так же вероятностью безотказной работы между планово-предупредительными ремонтами. При необходимости полной герметизации рабочей среды применяют системы *Исполнения 3* на базе сдвоенных торцовых уплотнений с затворной жидкостью или газом. В ряде случаев, оптимальным может быть *Исполнение 2* на базе сдвоенных уплотнений с буферной жидкостью или с «сухим» резервным уплотнением. При этом, для соответствия ISO 21049 резервное уплотнение должно обеспечивать такой же безремонтный ресурс как и основное уплотнение (не менее 25000 часов), выдерживать в любой момент времени проверку готовности к срабатыванию давлением 0,07МПа и в течение не менее 8 часов работать в режиме основного уплотнения.

На рисунке приведены качественные оценки EagleBurgmann соотношения «стоимость – герметичность» для различных уплотнительных систем. При этом, под «стоимостью жизненного цикла» понимается полная сумма эксплуатационных издержек от закупки до списания всех комплектующих компонентов уплотнительной системы, а под «суммарной эмиссией» - объем жидкой и испарившейся газообразной утечки технологического продукта в окружающую среду за жизненный цикл.

Из рисунка видно, что *Исполнение 3* на базе сдвоенных торцовых уплотнений с газовой затворной средой имеет наилучшее соотношение «стоимость – герметичность». *Исполнение 1* на базе одинарных оптимизированных уплотнений – типа H75VN...H75VK наиболее экономично. Наиболее дорогими являются системы *Исполнения 3* с затворной жидкостью, но по сравнению с ними еще дороже герметичные («бессальниковые») насосы.

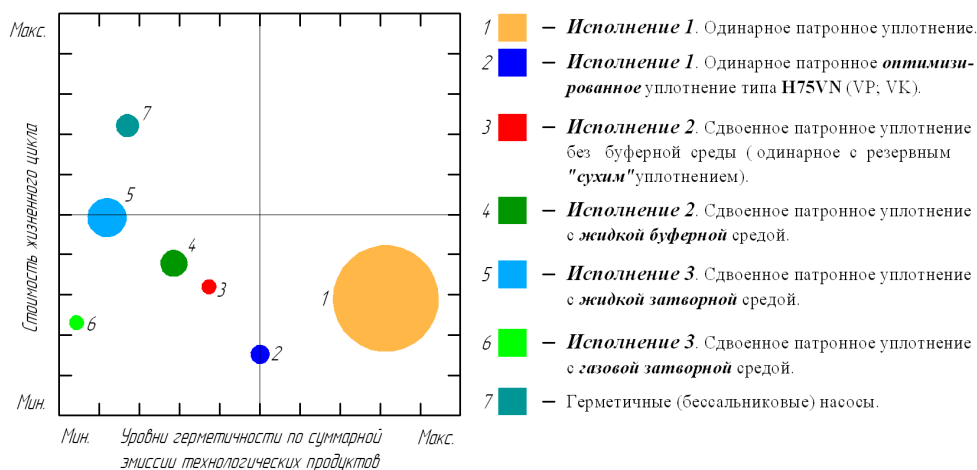


Рисунок 1 - Относительная стоимость и герметичность исполнений уплотнительных систем с торцовыми уплотнениями в центробежных насосах

Необходимо также отметить, что современные уплотнительные системы кроме функций герметизации могут выполнять дополнительные функции ограничения тепловых выбросов в атмосферу, взрывозащиты оборудования в соответствии со стандартами Евросоюза АТЕХ [2], и ряд других. Во многих случаях путем конструктивного изменения уплотнительных систем можно получить значительную экономию различных ресурсов (тепловой и электрической энергии, природного газа, воды, смазочных материалов и др.), потребляемых технологическими установками. Например в энергетике, уплотнительная система HTS, применяемая компанией EagleBurgmann при модернизации питательных и сетевых насосов, позволяет отказаться от охлаждающей воды. В результате устраняются дорогостоящие системы теплообменников и водоподготовки, повышается коэффициент полезного действия энергетической установки. В насосах для установок десульфуризации дымовых газов угольных электростанций, в пульповых насосах горно-обогатительных комбинатов, целлюлозно-бумажных комбинатов и в других подобных условиях модернизация уплотнительной системы на базе уплотнений серии HR обеспечивает ресурсосбережение во много раз превышающее стоимость самих уплотнений. Особо важные результаты могут быть получены в производстве и транспортировке экологически опасных низкокипящих сред, таких как аммиак, пропилен, метилхлориды и др.

Очевидно, что для получения ощутимого технико-экономического эффекта в масштабах только нефте-химических заводов Украины необходимы научно-технические, производственные и сервисные ресурсы

мировых лидеров в производстве уплотнительной техники по ISO 21049. Компания EagleBurgmann является одним из таких лидеров. Научно-производственный потенциал компании характеризуется следующими данными: 50 собственных научно-исследовательских и опытно-конструкторских центров; наличие сертифицированного по ISO 21049 испытательного стенда; 250 производственных предприятий и сервисных центров; общая численность – около 5500 сотрудников; годовой оборот – 679 млн. Евро. Важным условием технической политики EagleBurgmann является использование высококачественных материалов и комплектующих изделий, производители которых также являются лидерами в своих областях. Продукция EagleBurgmann используется практически всеми ведущими производителями насосов, компрессоров и других уплотняемых роторных машин.

Приоритетное значение компания придает развитию сервисных услуг конечным потребителям. Первоначально они не касались модернизации и в основном служили технической помощью в освоении эксплуатационным персоналом новой уплотнительной техники BurgmannTM. Положительным результатом такой помощи являлось уменьшение эксплуатационных отказов и поддержание восстановительными ремонтами технических характеристик, близких к исходным. Для переориентации сервисных услуг на всё установленное оборудование и создания возможностей для его модернизации, компания EagleBurgmann разработала специальную сервисную программу TotalSealCareTM.

Программа содержит полный комплекс услуг с помощью которых предприятия-пользователи могут повысить надежность и безопасность всех своих уплотнительных систем, и снизить затраты на их эксплуатацию. Особое значение для технико-экономического обоснования модернизации и контроля полученных результатов имеют услуги по программному обеспечению. Например, программное обеспечение SEPROnet ECO позволяет главному механику или другому руководителю предприятия с помощью личного пароля выполнить мониторинг количества и динамики отказов, частоты и стоимости ремонтов, страховых запасов запчастей и т.д. Программа SEPROnet ECO направлена на уменьшение затрат на администрирование техдокументации, а аналитическая программа SEPROnet PRO дает возможность выявлять резервы экономии путем анализа эксплуатационных показателей.

В зависимости от способа достижения положительного эффекта, все услуги сгруппированы в 6 модулей:

- рекомендации по повышению технико-экономических показателей;
- техническое обслуживание при использовании по назначению;
- восстановительный ремонт или реконструкция;
- управление запасами компонентов уплотнительных систем;
- диагностика и мониторинг показателей надежности и безопасности;

- повышение компетентности персонала, принимающего решения, влияющих на эксплуатационные показатели.

Эти модульные целевые подпрограммы и состав входящих в них услуг могут использоваться полностью или частично, в зависимости от конкретных потребностей заказчика. Поэтому, каждый сервисный контракт разрабатывается по индивидуальному техническому заданию. Контракты заключаются на срок не менее трех лет с поэтапной оплатой договорной цены. Более подробная информация об услугах по программе TotalSealCare™ размещена на сайте www.eagleburgmann.com.

Впервые сервисный контракт типа «все включено» был апробирован в Германии на нефтеперерабатывающем заводе TOTAL Mitteldeutschland GmbH в г.Спергау, производительностью 11 млн. тонн в год. Завод является одним из самых современных НПЗ Европы. Переговоры по техническому заданию были начаты в 1993 году и были завершены в 1997 году соглашением о заключении контракта до 2005 года на все 1200 единиц насосного оборудования, из которого 468 насосов имели уплотнительные системы Burgmann™. В результате такого метода организации и финансирования за период с 1997 по 2005гг. обеспечено уменьшение количества ремонтов на 41% и на 54% сокращены затраты на закупку морально устаревших компонентов торцовых уплотнений.

В настоящее время заключено более 150 контрактов в разных странах с предприятиями различных отраслей промышленности. Основные из них приведены в табл. 3.

Таблица 3 - Основные пользователи TotalSealCare™

Предприятие	Объёмы контракта
<i>Нефтехимическая промышленность</i>	
SHELL Rheinland Refinery, (Германия)	3000 насосов, 3600 уплотнений
TOTAL Mitteldeutschland Refinery (Германия)	1200 насосов, 1600 уплотнений
Infracor Marl (Германия)	16000 роторного оборудования
DOW Chemicals (США)	2600 насосов
<i>Фармацевтическая промышленность</i>	
Phizer (Ирландия)	500 уплотнений
Novartis (Франция)	27 мешалок
<i>Пищевая промышленность</i>	
Royal Nedalco Manchester (Англия)	110 насосов, 14 мешалок
SAB (Южная Африка)	5 заводов
<i>Электростанции</i>	
EON Deuschland (Германия)	100 уплотнений

Эти данные свидетельствуют о достаточно высоком спросе на предложенный eagleburgmann метод организации и финансирования работ по программе TotalSealCare™. Подтверждена ее эффективность даже при большом удельном весе уплотнительной техники, соответствующей ISO 21049.

В Украине программа TotalSealCare™ еще не применялась, хотя действующими регуляторными документами предусмотрена подобная организация эксплуатации техники.

Например, по своему содержанию она полностью согласуется с основными положениями межгосударственного стандарта ГОСТ 15.601-98 [3]. Предусмотренный этим стандартом фирменный метод технического обслуживания (ГОСТ 18322) наиболее приемлем для организации работ. Методология TotalSealCare™ также согласуется с украинским стандартом ДСТУ 2860-94 [4] в части применения аналогичных международных методов анализа безотказности FMEA и FMECA.

Авторы полагают, что в Украине имеются хорошие перспективы на появление предприятий-пользователей комплексной программой TotalSealCare™ в связи с ее технико-экономической эффективностью.

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. ISO 21049: Shaft Sealing Systems for Centrifugal and Rotary Pumps, ANSI/API Standard 682, Third Edition (2004)/ Уплотнительные системы вала для центробежных и роторных насосов. Стандарт ANSI/API Standard 682, 3-е издание (2004).
2. Стандарт Евросоюза по взрывозащите АTEX, Амстердамское соглашение (1997).
3. ГОСТ 15.601-98. Система разработки и постановки продукции на производство. Техническое обслуживание и ремонт техники. Основные положения. 1.07.1999г.
4. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. За наказом Держстандарту України №333 від 28.12.1994р.