

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа

Технологические машины и оборудование нефтегазового комплекса

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Э.А. Петровский
«____» _____ 2017 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

21.03.01 «Нефтегазовое дело»

21.03.01.07 «Эксплуатация и обслуживание технологических объектов
нефтегазового производства»

Модернизация торцового уплотнения центробежного насоса

Руководитель _____ к.т.н., доцент А.К. Данилов

Выпускник _____ Р.Б.Салманов

Красноярск 2017

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа

Технологические машины и оборудование нефтегазового комплекса

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Э.А. Петровский
«____» _____ 2017 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

Студенту Салманову Руслану Багдасаровичу

Группа ГБ 13-07

Направление подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Профиль 21.03.01.07 «Эксплуатация и обслуживание технологических объектов нефтегазового производства»

Тема выпускной квалификационной работы «Модернизация торцового уплотнения центробежного насоса»

Утверждена приказом по университету № _____ от _____

Руководитель ВКР А.К. Данилов, доцент кафедры ТМО НГК, Институт нефти и газа Сибирского федерального университета

Исходные данные для ВКР: Предметом модернизации является торцовое уплотнение центробежного насоса для перекачки нефти. Объектом модернизации является вращающееся кольцо пары трения. Цель модернизации - улучшение показателей надежности, повышение герметичности. Рабочие параметры температура -15°C...+100°C, частота вращения вала 3000об\мин

Перечень разделов ВКР:

Введение. Актуальность темы и современное состояние проблемы.

Раздел 1 – Общие сведения торцового уплотнения центробежного насоса.

Раздел 2 – Изучения процесса трения.

Раздел 3 – Повреждения и исследование материалов уплотнения

Раздел 4 – Обоснование выбора материалов для торцового уплотнения

Раздел 5 – Рациональные предложения по повышению надежности

Раздел 6 – Технология изготовления.

Перечень графического и иллюстративного материала:.) АЦНС 500-1900.Общий вид (1 лист формата А3)Спецификация к общему виду (1лист формата А4), Торцовое уплотнение. Сборочный чертёж (1 лист формата А1), Спецификация к сборочному чертежу (1 лист формата А4), Вращающееся кольцо (1 лист формата А4), Стационарное кольцо (1 лист формата А4), Втулка (1 лист формата А4), презентация (15-20 страниц).

Руководитель ВКР

А.К. Данилов

Задание принял к исполнению

Р.Б.Салманов

«____» 2017 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Модернизация торцового уплотнения центробежного насоса» содержит 99 страниц текстового документа, 27 рисунков, 5 таблиц, 3 приложения, 35 использованных источников, 7 листов графического материала.

ПЕРЕКАЧИВАНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ, ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ НАСОС СЕКЦИОННЫЙ, ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ, СИСТЕМА УПЛОТНЕНИЯ, ТОРЦОВОЕ УПЛОТНЕНИЕ, ПАРА ТРЕНИЯ, ВРАЩАЮЩЕЕСЯ КОЛЬЦО, МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ

Цель работы: Модернизация вращающегося кольца пары трения торцового уплотнения центробежного насоса с целью повышения показателей надежности.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- Анализ общих сведений о торцовом уплотнении;
- патентный обзор;
- анализ повреждений и их причин;
- изучение процесса трения;
- исследование методов повышения показателей надежности;
- модернизация и технологии изготовления вращающегося кольца.

В ходе выполнения выпускной работы была проанализирована информация о торцовых уплотнениях, определены повреждения, причины и способы их предупреждения, рассмотрен процесс трения в уплотнении, разработана технология изготовления и модернизации кольца пары трения. Спроектирован рабочий чертеж модернизированного узла.

СОДЕРЖАНИЕ

5.3 Заключение на основе технических предложений.....	66
6 Технология изготовления.....	67
5.1 Заключение по модернизации конструкции.....	75
Заключение	76
Список использованных источников	77
Приложение А	81
Приложение Б.....	91
Приложение В	98

ВВЕДЕНИЕ

Торцевое механическое уплотнение, также механическое уплотнение, является типом уплотнения, используемым во вращающемся оборудовании, для обеспечения герметизации вала. Рассматриваемый узел центробежного насоса играет важную роль в гидравлической части, поскольку от него напрямую зависит долговечность, надежность агрегата, экономическая эффективность. Более 40% случаев выхода из строя насосов связаны именно с торцовыми уплотнениями, по причине которых оборудование простоявает в ожидании ремонта или замены. Простои оборудования в крупных промышленных масштабах недопустимы с экономической точки зрения. Поэтому модернизация механического уплотнения с целью повышения показателей надежности является очень актуальной на сегодняшний день задачей.

Целью работы является вынести необходимое техническое решение по модернизации конструкции торцового уплотнения, которое в разы повысит срок службы уплотнения и улучшит показатели надежности.

Задачами данной работы являются рассмотрение основных конструктивных особенностей торцового уплотнения, области применения, обозначение устройства и принципа работы торцового уплотнения, определение преимуществ перед другими типами уплотнений вала. Выявление основных поломок и методов устранения. Остановиться на организации ремонтных работ и технологии ремонта деталей и сборочных единиц, разборке и испытанию уплотнения. Также необходимо определить влияние эксплуатационных характеристик на надежность уплотнения, выявить методы повышения эксплуатационных характеристик на основе анализа рассмотренной информации по материалам торцовых уплотнений, а также ссылаясь на опыт эксплуатации, описанный в патентной литературе, изучения процесса трения и коэффициента трения.

1 Общие сведения торцового уплотнения центробежных насосов

1.1 Определение и область применения

Торцевое механическое уплотнение, является типом уплотнения, применяемым во вращающемся оборудовании, для обеспечения герметичности вращающихся валов центробежных насосов компрессоров, химических реакторов, в тех местах где необходимо минимизировать утечки и обеспечить разделение сред. [1].

Механическое уплотнение помимо герметизации выполняют еще и защитную функцию, примером может служит предотвращение попадания влаги в подшипник.. Пара трения- основной элемент уплотнения который обеспечивает герметичность. В качестве материалов пары трения широкое применение получили: графит, керамика, карбид кремния, силицированный графит, карбид титана и карбид вольфрама. Материалы уплотнения выбирают с учетом анализа характеристик перекачиваемой среды, режимов работы и технических характеристик центробежного насоса [2].

Торцевое уплотнение, входящее в состав центробежного насоса, имеет следующие эксплуатационные характеристики:

- наименование уплотняемой среды;
- температура уплотняемой среды;
- давление уплотняемой среды;
- затворная среда;
- давление затворной среды;
- температура эксплуатации;
- давление эксплуатации;
- допустимый перепад давления;
- режим работы насоса;

- утечки затворной жидкости;
- скорость вращения вала;
- установленный ресурс;
- наработка на отказ;
- срок службы.

Применение различных типов уплотнений основывается на условиях эксплуатации.

Механические уплотнения предпочтительнее, чем сальниковая набивка по некоторым техническим признакам и экономическим причинам. При использовании набивки высока вероятность возникновения утечки. Одна капля утечки уплотняемой среды в секунду, за сутки превышает количество жидкости, более 3 литров. В большинстве процессов, государство ужесточило нормы контроля на эти типы выбросов.

Кроме того, выбор в пользу механических уплотнений делается на основе безопасности и вопросов относящихся к экономической целесообразности. Кроме того, торцовое уплотнение обладающее гораздо меньшим коэффициентом трения более энергоэффективно с точки зрения потребления энергии, в отличии от настолько распространенной сальниковой набивкой. При соблюдении всех требований к установке механические уплотнения, чаще всего, не нуждаются в регулярной юстировке, пусконаладке или замене так же часто, как этого требует набивка. Таким образом, механические уплотнения не теряют своих рабочих характеристик при более жестких и высоких требованиях в отличии от плетенной набивки, что непосредственно увеличивает временной интервал на техническое обслуживание и ремонт. Из этого следует, что выбор данного типа уплотнения обеспечит окупаемость при долгосрочных вложениях за счет повышенной надежности узла.

- Преимущества торцевого уплотнения по сравнению с обычной сальниковой набивкой:

- практически полное отсутствие утечек перекачиваемой жидкости;
- снижение трения и потери силового агрегата(насоса);
- элиминирование вала или втулки износа;
- снижение затрат на техническое обслуживание;
- возможность использования при более высоких давлениях и более агрессивных средах;
- широкое разнообразие конструкций позволяет использовать торцевые уплотнения почти во всех насосах;
- повышенный ресурс работы.

Выбор механических уплотнений экономически целесообразен. Несмотря на то, что первоначальные экономические затраты на установку примерно выше на 61%, в отличии от сальников, оно не требует никакого вмешательства в течении 2 лет, в отличии от плетенной набивки, техническое обслуживание которой производится с периодом в каждые 2 месяца эксплуатации, а спустя 6 месяцев появляется необходимость в замене втулки и набивки. Так, после замены втулки сальника с набивкой себестоимость с учетом эксплуатационных расходов превышает затраты применение механического уплотнения, а спустя 24 месяца расходы возрастают до 500 % по сравнению с изначальными.

Торцевые уплотнения нашли свое применение в транспортных средствах, бытовой технике, энергетике и насосостроении, химической и нефтяной промышленности, а также в авиационной и космической технике[3].

1.2 Конструкция, типы

Конструкция

Одинарное внутреннее

Это один из наиболее распространенных типов торцевого уплотнения. Эти уплотнения в основном рекомендуется применять для неагрессивных и агрессивных сред с удовлетворительными смазывающими свойствами.

Одинарное внешнее

Даже если очень агрессивная уплотняемая среда имеет достаточно хорошие смазывающие свойства, обычно внешнее уплотнение является хорошей экономичной альтернативой дорогим металлам, необходимым для обеспечения данной коррозионной стойкости во внутренних уплотнениях. Одним существенным недостатком является плохая защищённость от механического воздействия путем ударов и гидравлических давлений, поэтому данные уплотнения имеют достаточно низкие пределы давления.

Двойное (двойное под давлением)

Такую конструкцию в основном рекомендуется применять для жидкостей, содержащих в своем составе абразив или едкие вещества, требующие дорогостоящих металлов. Главные преимущества двойных торцевых уплотнений в том, что они имеют в несколько раз больший срок службы, чем одинарные даже при тяжёлых условиях работы. Кроме того, металл внутренней части механического двойного уплотнения никогда не подвержен агрессивному воздействию перекачиваемых насосом жидкостей, вязкие, абразивные и термореактивные жидкости легко герметизируются без необходимости в больших затратах.

Двойной газовый барьер (под двойным давлением)

Конструкция очень похожа на картридж двойное уплотнение, уплотнение происходит инертным газом, например таким как азот, который используется в качестве смазочного материала для поверхности трения и охлаждающей жидкости вместо системы охлаждающей, как у обычных уплотнений или картридж двойных. Торцевые с двойным газовым барьером преимущественно

используют при перекачивании токсичных или опасных жидкостей или когда требуется повышенная надёжность.

Тандем (двойное без давления)

В соответствии с существующими нормами здравоохранения, безопасности и охраны окружающей среды, механические tandem уплотнения применяют для перекачивания таких продуктов как винилхлорид, окись углерода, лёгкие углеводороды, а также широкий спектр других летучих, токсичных, канцерогенных или опасных жидкостей.

Тандем уплотнения предотвращают обледенение легких углеводородов и других жидкостей, температура которых может опускаться ниже атмосферной точки замерзания воды в воздухе (32F или 0C).

Хотя на рынке существует достаточно много разновидностей торцевых уплотнений, преимущественно, они могут быть классифицированы как "со сталкивателем" и сильфонного типа.

Торцевые уплотнения можно разделить на несколько типов и конструкций:

Со сталкивателем

Включение вторичного уплотнения, которые перемещаются аксиально вдоль вала или втулки необходимо для поддержания должного контакта уплотнительных поверхностей. Эта функция практически полностью компенсирует износ по передней поверхности уплотнения и бieniaя из-за возникновения смещения. Главным преимуществом толкателя является его относительная дешевизна и коммерческая доступность в достаточно широком спектре размеров и конфигураций. Его существенным недостатком является то, что он может вызвать смещение вторичного уплотнения и коррозионное истирание вала или втулки.

Уплотнения со сталкивателем используют плетенную сальниковую набивку для герметизации компонентов. Такая конструкция наиболее лояльна к прогибу вала, а также к движению и перекосу. Однако, сальник может быть

очень чувствителен к перекачиваемым жидкостям или даже незначительным температурным отклонениям. Например, явный признак приближающегося отказа в торцовом уплотнении с толкателем являются разбухающие и начинающие незначительно подтекать компоненты сальника из бутадиенакрилонитрильного каучука, при наличии некоторых часто встречающихся хладагентов.

Без сталкивателя

Уплотнение без сталкивателя или сильфонные не должны двигаться по валу или втулке для поддержания необходимого контакта поверхностей торцевого уплотнения. Главными преимуществами являются способность работать при достаточно высоких и низких температурах, и отсутствие необходимости во вторичном уплотнении (нет склонности смещению вторичного уплотнения). Однако недостатком этого типа уплотнения является то, что поперечные сечения сильфона должны быть модернизированы для использования в агрессивных средах.

Несбалансированные

Данный вид уплотнений достаточно доступен, его утечки малы, а также они обладают большей стабильностью под воздействием вибрации, отклонений от соосности и кавитации. Недостатком является их относительно низкий предел давления. Если равнодействующая сила, которая действует на уплотнительные поверхности, превышает предел допустимого давления, то смазочная плёнка пары трения между поверхностями выдавливается и уплотнение будет работать по сухому ходу, что приведет к выходу его из строя.

Сбалансированные

Сбалансированное механическое уплотнение включает в себя простое изменение конструкции, которое снижает действующие гидравлические силы, пытающиеся закрыть торцевое уплотнение. Сбалансированные уплотнения имеют более высокий предел допустимого давления, довольно низкую нагрузку на уплотнительные поверхности и выделяют значительно меньше тепла. Это

делает их наиболее подходящими при перекачивании сред с низкой смазывающей способностью и высоким давлением насыщенных паров, таких как лёгкие углеводороды.

Обычные

Примером таких уплотнений являются те, которые требуют установку и выравнивание уплотнения (одинарное, двойное, tandem) на валу или втулке насоса. Хотя установка торцевого уплотнения относительно проста, на сегодняшний день делается акцент на снижении стоимости технического обслуживания и тем самым приводит в предпочтению картридж уплотнений.

Картридж

Другой подкатегорией механического уплотнения является картриджевая конструкция, которая обеспечивает более надежный способ достижения эффективного уплотнения без необходимости точной и тонкой настройки при установке. Картриджные уплотнения отличаются тем, что в нем все элементы объединены в единый корпус, что значительно облегчает их замену. В простых уплотнениях придется отдельно устанавливать кольца, пружину и сильфон, а в картриджных конструкциях достаточно надеть моноблок на корпус и закрепить его при помощи винтов и штифтов. Один из наиболее востребованных типов торцевых уплотнений. Эту изолированную, заранее собранную конструкцию гораздо легче заменить, чем обычные механические уплотнения, что уменьшает количество ошибок при настройке уплотнения.

Картриджные уплотнения снижают эксплуатационные затраты и уменьшают возможные ошибки при установки уплотнения [4].

1.3 Устройство и принцип действия

Устройство всех торцевых уплотнений аналогично, представленному на рисунке

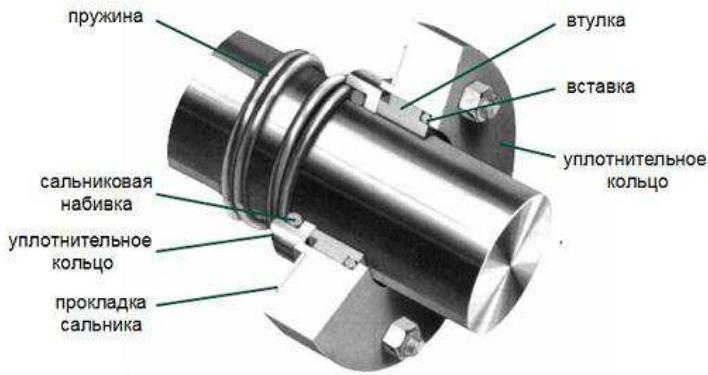


Рисунок 1-Основы торцового уплотнения на примере одинарного торцового.

1. Набор первичного герметизирующего уплотнения: подвижное и неподвижное кольца пары трения.
2. Вторичные уплотнения, такие как плетеная набивка и U образные кольца..
3. Вспомогательные кольца из эластомеров, манжеты, поджимные пружины .

Первичная герметизация осуществляется за счет двух плоских поверхностей, в которых обеспечен сложный путь, препятствующий утечке жидкости. Трение между этими двумя кольцами минимизируют утечку.

Трущийся контакт между этими двумя кольцами пары трения сводит утечку к минимуму. Работа узла основана на плотном прилегании двух плоско полированных частей трения по торцам, одна из которых невращаема и находится неподвижно в корпусе насоса, другая закреплена на вал и вращается вместе с ним. Прижатие двух плоских поверхностей осуществляется с помощью поджимных пружин. Вал насоса проходит внутри неподвижного кольца, но не соприкасается с ним. Это важный момент, так как в случае если бы кольцо и вал контактировали, то между ними не проходила бы уплотняемая среда, и само по себе кольцо стало бы уплотнителем. Принцип торцевого уплотнения исключает трение между валом и уплотнением. Трение приводит к скорому износу и вала и уплотнения из-за этого сальниковые и манжетные

уплотнения недолговечны и требуют периодического технического обслуживания. Чтобы между неподвижным кольцом и корпусом насоса не было утечек, используется вспомогательный эластомерный элемент.

Существуют четыре основных точки уплотнения механическом уплотнении, они показаны на рисунке 2. Первичная герметизация – это торцевая поверхность пары трения уплотнения, обозначенная точкой А. Путь утечки в точку В блокируется чаще всего либо уплотнительными эластомерными кольцами, либо V-образным кольцом, либо клином. Пути утечек в местах, обозначенных точками С и Д блокируются прокладками или уплотнительными кольцами[4].

Поверхности в типичных торцевых уплотнениях смазываются тонким слоем газа или жидкости. При разработке герметизирующих механических узлов с допустимыми параметрами протечек, определенным ресурсом уплотнения, энергопотреблением, проектировщик обязательно должен учесть, как поверхности трения будут смазываться и принцип их смазывания.

Для выбора наилучшей конструкции уплотнения необходимо иметь как можно больше информации о рабочих условиях и перекачиваемой среде. Полная информация о продукте и окружающей среде позволяет выбрать наилучшее уплотнение для данного применения.

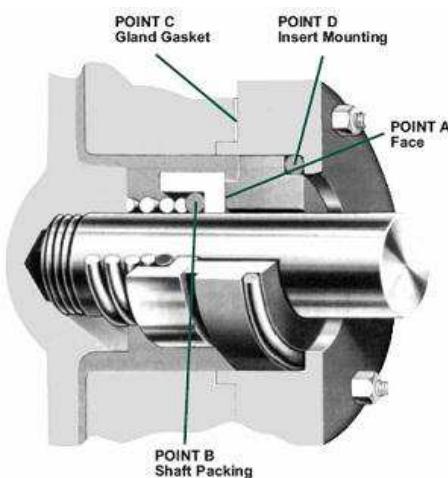


Рисунок 2- Точки уплотнения торцового уплотнения

Поскольку вал не задевает неподвижное кольцо, то между ними свободно проходила бы жидкость, если бы не второе вращающееся кольцо, которое насажено на вал вплотную к неподвижному. Поверхность подвижного и неподвижного колец и называют парой трения. Эта пара трения единственный трущийся элемент конструкции. В зазоре между кольцами, который составляет меньше микрона, образуется тончайшая пленка жидкости. Она служит для смазки поверхностей пары трения и препятствует их перегреву.

Для упрощения конструкции подвижное кольцо следовало бы жестко закрепить на валу и место стыка вала с кольцом уплотнить эластомером. Тогда вся конструкция уплотнения состояла бы только из пары колец трения. К сожалению, это невозможно, так как во время работы центробежного насоса часто происходит осевое смещение вала. Это неизбежно приведет к тому, что контактные кольца сближались бы друг с другом, а затем удалялись. В увеличенный зазор между кольцами будет попадать жидкость, даже если величина зазора составит всего 0,01 мм. Для обеспечения естественного контакта колец пары трения применяется поджимная пружина которая будет обеспечивать постоянный контакт трущихся колец.

Это объясняет тот факт, почему вращающееся кольцо не является жестко установленным на валу. Его смещение в радиальной плоскости вала не так важно, то в осевом направлении оно регулярно должно смещаться относительно вала насоса, чтобы компенсировать биения вала которые вызваны его осевым смещением благодаря пружине. Чтобы поджимная пружина могла действовать на подвижное кольцо уплотнения, она обязательно должна быть прикреплена к вращающейся обойме уплотнения, которая вращается вместе с валом насоса и жестко закреплена на нем.

Для того чтобы обеспечить вращение подвижного кольца с валом необходимо использовать металлический штифт, который соединяет корпус герметизирующего узла и вал насоса друг с другом.

Для обеспечения герметичности между валом и вращающимся кольцом применяют вспомогательное уплотнительное кольцо. Однако, необходимо заметить, чтобы в последствии не происходило утечек, вызванных смещением необходимо обеспечить должную центровку вала. Этого можно избежать применением уплотнений сильфонного типа. [5].

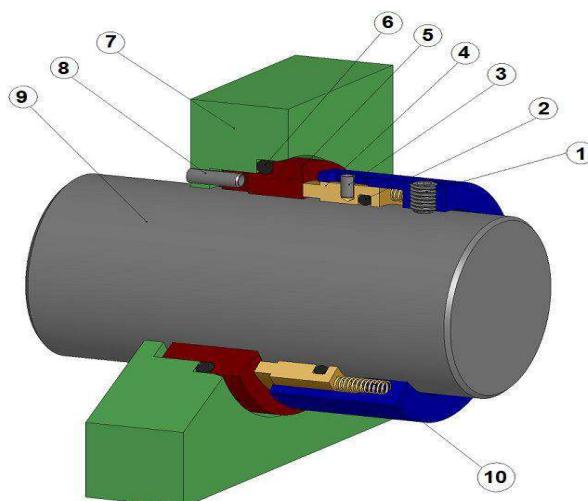


Рисунок 3- Многопружинное бессильфонное торцевое уплотнение: 1- монтажный болт для крепления уплотнения к валу насоса; 2- дополнительный уплотнитель; 3- штифт передающий крутящий момент вращающемуся кольцу; 4- подвижное кольцо; 5- стационарное кольцо; 6- уплотнительный материал из эластомера; 7- корпус насоса; 8- стопорный штифт стационарного кольца; 9- вал насоса; 10- поджимная пружина.

1.4 Патентно-информационный обзор

Как и во всех уплотнениях, одна поверхность установлена неподвижно в корпусе, а другая зафиксирована и вращается вместе с валом. Поскольку кольцо неподвижно, то этот эластомер не испытывает трения, а следовательно не изнашивается. Вал рабочего колеса проходит внутри неподвижного кольца,

но не задевает его. Это важный момент, так как если бы кольцо и вал контактировали, то между ними не проходила бы жидкость, и само по себе кольцо было бы уплотнителем. Сама же идея торцевого уплотнения исключает трение между валом и уплотнением. Чтобы между неподвижным кольцом и корпусом насоса не было утечек, используется эластомерный элемент.

Поскольку вал не задевает неподвижное кольцо, то между ними свободно проходила бы жидкость, если бы не второе вращаемое кольцо, которое насажено на вал вплотную к неподвижному. Поверхность подвижного и неподвижного колец называют парой трения. Эта пара трения единственный трущийся элемент конструкции. В зазоре между кольцами, который составляет меньше микрона, образуется тончайшая пленка жидкости. Она служит для смазки поверхностей пары трения и препятствует их перегреву.

Необходим элемент, который будет обеспечивать непрерывный и плотный контакт между двумя кольцами уплотнения. Этим элементом будет выступать пружина.

Теперь становится понятным, почему вращающееся кольцо не является жестко установленным на валу. Если его перемещение в радиальной плоскости вала не так важно, то в осевом направлении оно регулярно должно смещаться относительно вала, чтобы компенсировать благодаря пружине осевые биения вала. Чтобы пружина могли действовать на вращающееся кольцо уплотнения, они должны быть прикреплены к какому-то элементу, жестко закрепленному на валу и вращающемуся вместе с валом.

Чтобы заставить подвижное кольцо вращаться вместе с валом требуется передать ему крутящий момент вала. Эту функцию может выполнить центральная пружина или металлический сильфон. В нашем уплотнении использованы маленькие периферийные пружины, которые не могут передать крутящий момент вала. Такую роль выполняет штифт, который соединяет корпус уплотнения и вращаемое кольцо.

Чтобы жидкость не проникала между валом и подвижным кольцом, используют дополнительный уплотнительный элемент из эластомера.

Ниже представлены иностранные патенты, на основе которых будет производится дальнейший анализ.

US2012112417 Дополнительный уплотняющий торец в подвижной части уплотнения.

Нововедение: В подвижной части 2 присутствует уплотняющий торец 3 и перемещается в осевом направлении по отношению к неподвижной части 1, и смещено от неподвижной части 1 посредством пружины 4.

Приемущества: Повышена герметичность узла

Недостатки: Дополнительный узел трения

В предложенном варианте торцевого уплотнения, изображенного на рисунке 4, подвижная часть 2 содержит кольцевой уплотнительный элемент 5 с имеющимся уплотнительным торцем 3, на ее верхней поверхности, упругую втулку 6, которая выполнен из жаропрочного материала, с тем чтобы выдержать тепло, которое возникает время работы торцевого уплотнения. Уплотнительный элемент 5 рекомендуется выполнять из твердого сплава, карбида кремния, карбид алюминия, или тому подобное. Упругая втулка 6 выполнена с возможностью размещения между уплотнительным элементом 5 и держателе 7. В предлагаемом варианте, уплотнительный элемент 5 помещен в осевое углубление 8 в упругой втулки 6, а упругая втулка 6 посажен в осевое углубление 9 в держателе 7. В соответствии с предлагаемым вариантом, уплотнительный элемент 5 удерживается в упругой втулки 6 с помощью трения, а упругая втулка 6 удерживается в держателе 7, также при помощи трения. Таким образом, уплотнительный элемент 5, упругая втулка 6 и водило 7 соединены для совместного движения в виде одной подвижной части 2.

Настоящее изобретение, предназначенное для совместного вращения с валом насоса, содержит базовый элемент и подвижную часть, в которой базовый элемент может быть соединен с приводным валом для совместного с

ним движение. Подвижная часть представляет уплотнительную торцевую поверхность и подвижна в осевом направлении по отношению к базовому элементу, и смешена от базового элемента с помощью пружины, в которой подвижная часть и базовый элемент, содержащий взаимодействующий штифт крепящего момента для совместного вращательного движения подвижной части с базовым элементом.

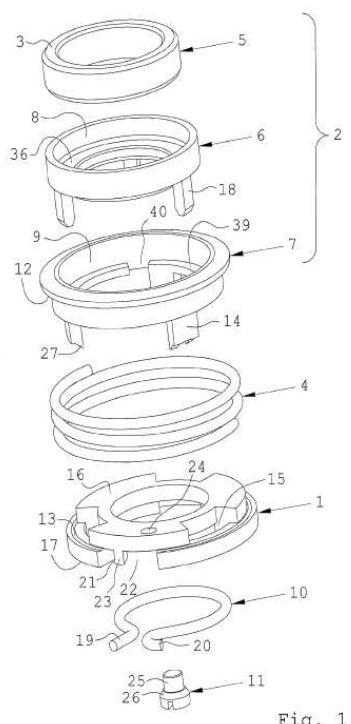


Рисунок 4- Конструкция торцового уплотнения US2012112417[6].

WO2009113942 (A1) Торцовое уплотнение, методы монтажа

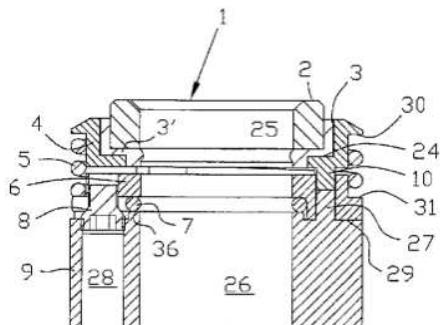


Fig. 3

Рисунок 5- Торцовое уплотнение WO2009113942

Нововедение: Наличие затягиваемого кольцевого зажима

Приемущества: неподвижный элемент становится неподвижным и аксиально невращаем чтобы обеспечить надлежащее осевое смещение уплотнительного элемента на поверхности сплошного приводного вала.

Недостатки: Несовершенство уплотнительного материала, в следствии чего недостаточная герметичность.

Из верхней части чертежа, Уплотнительный узел содержит уплотнительный кольцевой элемент 1, представляя уплотнительный торец 2 в его верхнем конце. Цифрой 3 показывает кольцевой уплотнительный элемент, выполненный из эластомерного материала, эластомер уплотнение 3 выполнен с возможностью размещения между уплотнительным элементом 1 и носитель 4. Пружина сжатия 5 расположена между кольцевым неподвижным элементом 6 и держателем 4, пружины сжатия, оказывающего осевое усилие, которое применяется смещение к несущим и уплотнительными элементов в осевом направлении. Неподвижный элемент 6 выполнен с возможностью осевого и неповоротно- вращаемого с приводным валом с помощью открытого кольцевого зажима 7, который выполнен с возможностью размещения во внутренней периферии неподвижного кольца 6 [7].

US2002125648 Подготовка к монтажу торцового уплотнения

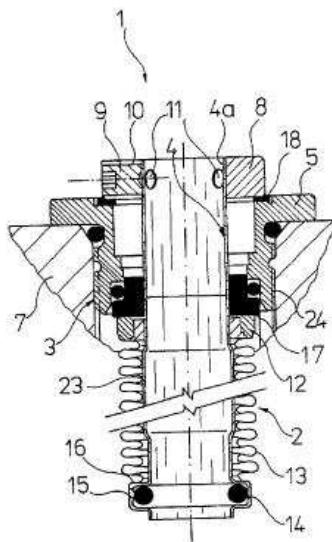


Рисунок 6- Быстроуемый картридж торцевого уплотнения US2002125648

Нововведение: Быстроуемый картридж.

Приемущества: Упрощение ремонтных работ по замене уплотнения за счет быстросменяющегося картриджа.

Недостатки: Недостаточная герметичность из-за пары трения.

Износившийся картридж просто снимается с вала насоса.

Подробное описание изобретения

Готовая к установке осевое торцевое уплотнение обозначенный в целом позицией 1 содержит вращающийся узел 2, строительство которого может быть четко признано на фиг. 2., с колпачком для защиты от вала 4 и неподвижного блока 3 с монтажной деталью 5, с которой осевое торцевое уплотнение 1 прикреплено к частично показанному корпусу насоса 7. Осевое торцевое уплотнение 1 сидит на валу 6.

Кроме того, вал защитный рукав 4 на продольном сечении 4а выступающим из корпуса насоса 7 содержит крепежное кольцо 8, который на внешней стороне расположен на секции посредством нескольких винтов 9. Винты 9 сидят в радиальных резьбовых отверстиях 10 крепежного кольца 8.

Есть, например, предусмотрены три винта 9, и, в частности, соответствующие трем отверстий 11 в продольном сечении защитной гильзой вала 4

Вращающийся блок 2 включает в себя, пружина 13 сжатия, которая оказывает осевое усилие на осевой торцевой поверхности уплотнительного кольца 12 и внутренним эластичным уплотнительным кольцом 14. Пружина сжатия 13, может, как показано на рисунке, представлять собой металлический сильфон или также спиральная пружина.

Неподвижный часть 3, который окружает Пыльники состоит из сборочной части 5 и встречного кольца 17, которое удерживается сборочной частью и на которых торцевое уплотнительное кольцо 12 в осевом направлении несет посредством силы сжатия пружины 13.

Осевое торцевое уплотнение , отличающийся тем, что втулка защиты вала имеет толщину стенки, которая составляет 1,5% до 6%, предпочтительно от 2% до 4% от диаметра вала насоса[8].

Наряду с иностранными патентами, были рассмотрены патенты Российской Федерации. 2260728 Со скользящим кольцом, прижимаемым к поверхности, приблизительно перпендикулярной продольной оси

Нововведение: Выполнение на поверхности колец пары трения кольцевых канавок, в полость которых установлено торообразное кольцо, контактирующее с кольцами трения.

Приемущества: Снижены утечки уплотняемой среды за счет увеличения площади пары трения и центровки колец трения и как следствие уменьшения радиальной и угловой несоосности колец трения. Снижены вибрации за счет упругой деформации полого разрезанного торообразного кольца некруглого поперечного сечения.

Недостатки: Сложность в изготовлении. Дополнительное кольцо устанавливается в дополнительную кольцевую канавку, которая исполнена на рабочей поверхности вращающегося кольца, чем уменьшается прочность

вращающегося кольца, что может привести к разрушению пары трения. Недостаточная долговечность.

Уплотнение работает следующим образом.

При остановленном валу 19 герметизация уплотнения осуществляется стыком колец трения 1 и 2 между собой и стыком колец трения 1 и 2 с полым разрезанным торообразным кольцом 5 некруглого поперечного сечения, за счет их прижатия нажимным элементом 22 через пружину 23 и за счет упругой деформации полого разрезанного торообразного кольца 5 некруглого поперечного сечения, а конические радиально расположенные полости 16 закрыты шариками 17 посредством пластинчатых пружин 18.

При вращении вала 19 вращается втулка 11 с кольцом трения 2, которое скользит по торцевой поверхности кольца трения 1 и по поверхности полого разрезанного торообразного кольца некруглого поперечного сечения 5. Полое разрезанное торообразное кольцо некруглого поперечного сечения 5 за счет упругой деформации увеличивает поверхность пары трения и центрирует кольца трения 1 и 2, за счет чего уменьшается вибрация в паре трения и ее раскрытие[9].

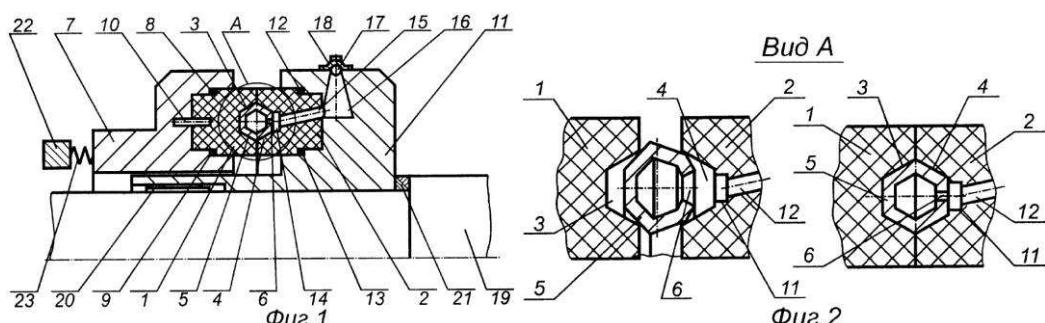


Рисунок 7- Торцовое уплотнение по патенту 2260728

2260729 Со скользящим кольцом, прижимаемым к поверхности, приблизительно перпендикулярной продольной оси

Нововведение: вращающееся кольцо трения исполняется сборным из двух вращающихся концентрических колец - внешнего и внутреннего, которые

контактируют с невращающимся сплошным кольцом трения. Две кольцевые канавки, находящиеся во втулке внешнего и внутреннего кольца, разделены выступом. Между кольцами и выступом образуется улавливающая кольцевая канавка.

Приемущества: Упрощена конструкция и изготовление торцового уплотнения. Компенсация износа осуществляется за счет осевого перемещения внешнего кольца 6 без применения дополнительных колец, за счет этого повышена долговечность и надежность узла

Недостатки: во время работы торцового уплотнения в паре трения возникает раскрытие стыка и увеличение утечки уплотняемой среды через торцовое уплотнение.

Принцип работы схож с принципом работы уплотнения из предыдущего патента[10].

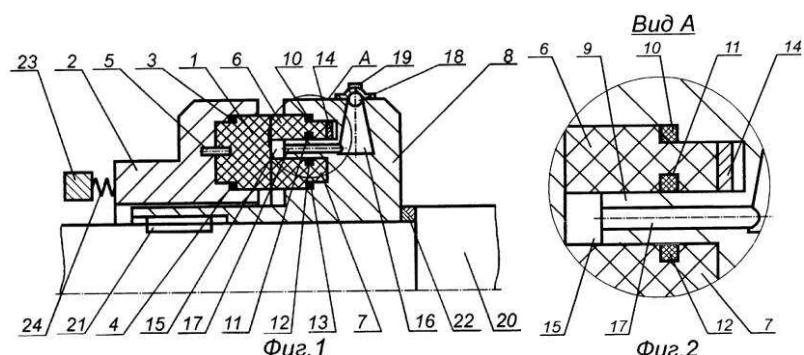


Рисунок 8- Торцовое уплотнение к патенту 2260729

2260730 Со скользящим кольцом, прижимаемым к поверхности, приблизительно перпендикулярной продольной оси

Нововведение: выполнение на поверхности колес пар трения кольцевых канавок. Технический результат достигается тем, что на поверхности колец трения выполнены кольцевые канавки полукруглого или некруглого поперечного сечения, так, что при их сборке образована торообразная полость круглого или некруглого поперечного сечения, в которую установлено полое

кольцо а по боковой поверхности данного кольца, со стороны вращающегося кольца трения выполнены отверстия, соединяющие полость кольца с кольцевой канавкой для отвода уплотняемой среды.

Приемущества: Повышена герметичность уплотнения. За счет выполнения на поверхности колец пар трения кольцевых канавок.

Недостатки: разкрывается стык пары трения за счет чего увеличивается утечка уплотняемой среды через торцовое уплотнение[11].

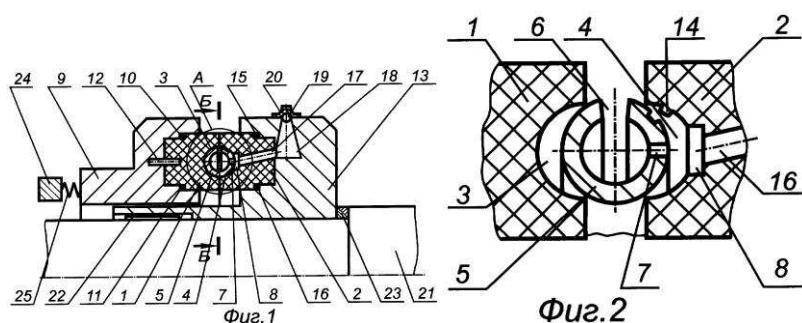


Рисунок 9- Торцовое уплотнение к патенту 2260730

2288394 Со скользящим кольцом, прижимаемым к поверхности, приблизительно перпендикулярной продольной оси

Нововведение: Выполнение кольцевых канавок на внешней поверхности торовидного кольца, напротив стыка вращающегося и невращающегося колец трения

Приемущества: Уменьшены утечки уплотняемой среды через торцовое уплотнение.

Недостатки: неспособность отводить увеличенное количество уплотняемой среды из-за того, что затруднено движение уплотняемой среды по осевым каналам вследствие прилипания уплотняемой среды под действием центробежной силы к стенкам канала.

Технический результат достигается тем, что в известном торцовом уплотнении на внешней поверхности торовидного кольца, напротив стыка

вращающегося и невращающегося колец трения, выполнена кольцевая канавка, которая соединена радиальными и осевыми каналами с кольцевой канавкой вращающегося кольца.

на внешней поверхности торовидного кольца 5 вдоль кольцевой оси, напротив стыка вращающегося и невращающегося колец трения 1 и 2 выполнена кольцевая канавка 6 [12].

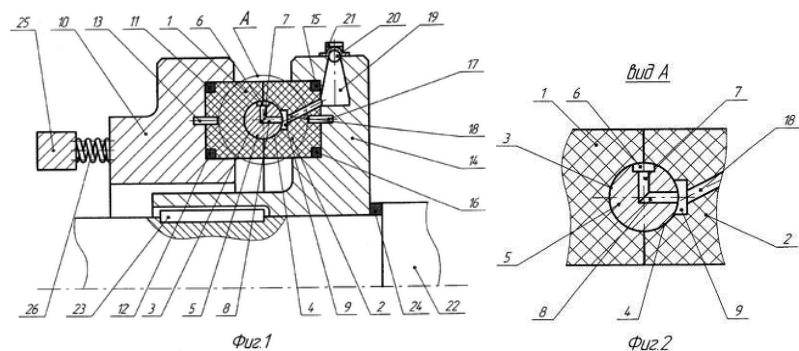


Рисунок 10- Торцовое уплотнение к патенту 2288394

1.5 Заключение к информационному обзору

В ходе литературного обзора были проанализированы назначение, особенности устройства, принцип действия уплотнений. Представлены различные типы и конструкции герметизирующего узла, выявлены основные технические характеристики, преимущества перед другими типами уплотнений. Также рассмотрены иностранные и российские патенты различных лет, в результате обзора которых выявлены основные направления по модернизации герметизирующего устройства вала центробежного насоса. Таким образом, на начальном этапе, можно установить следующие задачи:

- Изучить процесс трения;
- рассмотреть существующие материалы;
- ознакомиться с основными неисправностями и их причинами;
- предложить техническое решение по улучшению конструкции.

2 Изучение процесса трения

2.1 Технология притирки контактных поверхностей.

При достаточно высоких скоростях и довольно небольших нагрузках гидродинамическое давление обеспечивает полное разделение скользящих деталей, представляя возможность образования тонкой сплошной жидкой смазочной пленки. При более низких скоростях вращения или больших нагрузках гидродинамического давления недостаточно для того, чтобы полностью разделить скользящие детали. В этом случае имеет место режим смешанной смазки, когда часть нагрузки несут непосредственно точки касания поверхностей. Рельеф поверхности влияет на то, где будет обеспечена смешанная смазка. При еще более низких скоростях или больших нагрузках, создаваемое гидродинамическое давление становится недостаточным. Эта система смазки называется граничной смазкой. Толщина смазочной пленки торцевого уплотнения вала должна быть очень маленькой, чтобы предотвратить чрезмерную утечку. Соответственно, для уплотнения всегда используется смешанная или граничная система смазки.

Герметизацию изделий в машиностроении производят несколькими принципиально отличными друг от друга методами, основными из них являются следующие:

- точная притирка контактных поверхностей, которая обеспечивает необходимый зазор;
- нагружение контактирующих деталей усилием сжатия, вызывающим деформацию микронеровностей в контакте;
- заполнение зазоров в соединении разделительными средами, препятствующими утечке герметизируемых сред;
- использование электромагнитных полей, взаимодействующих со средами в зазорах сопряжения и т.д.

Точная притирка контактных поверхностей- это один из наиболее распространенных методов обеспечения герметичности подвижных соединений. Благодаря притирке обеспечивается минимальный зазор на контактных поверхностях, практически полному удалению микронеровностей или достижению их приемлемого состояния на контактных поверхностях.

Притирку поверхностей металлических деталей осуществляют путем доводки. Доводка – чистовая обработка деталей с целью получения точных размеров, формы и малой степени шероховатости, выполняемая на притирочных станках или вручную с помощью абразивных инструментов и материалов. В значительной мере благодаря методу точной пригонки в машиностроении уплотнения рассматривают как прецизионные узлы. Главным условием герметичности таких узлов является обеспечение постоянного контакта между прошедшими доводочной обработку

(10 – 14-й классы шероховатости) поверхностями деталей. Для удобства обработки сопрягаемые поверхности обычно выполняют плоскими или в виде поверхности тел вращения.

Достоинства метода: возможность использования в герметизируемом соединении конструкционных материалов, обладающих наибольшей прочностью, твердостью, износостойкостью, жаропрочностью (твердые сплавы, оксидная керамика, легированные стали), надежность герметизации при воздействии значительных давлений (250 МПа и выше) высоких (800 – 900 К) и низких (ниже 120 К) температур, изменении взаимного перемещения сопряженных деталей (остановки, реверсирование); снижение требования к точности изготовления и монтажа элементов конструкций, не входящих в прецизионную пару; жесткость герметичных соединений; конструктивная простота и удобство в эксплуатации уплотнений, содержащих минимальное количество деталей.

Недостатки метода: значительная трудоемкость доводки деталей из большинства конструкционных материалов машиностроения; высокая

себестоимость герметичных прецизионных пар, выполненных из высокопрочных материалов; необходимость защиты герметичного соединения от попадания абразивных частиц и загрязнения; значительная вероятность отказов уплотнений вследствие эрозионного, динамического и коррозионного повреждений герметизируемых соединений.

Использование метода герметизации путем точной пригонки контактных поверхностей экономически оправдано в машинах и агрегатах, к которым предъявляются повышенные требования по надежности уплотнений, а также при экстремально высоких давлениях и температурах герметизируемых сред: в двигателях внутреннего сгорания энергетической и фонтанной арматуре, высоконапорных трубопроводах, установках, создающих опасность радиоактивного излучения и т.д.

Ресурс работы торцевого уплотнения напрямую зависит от надежной работы узла в целом, которая определяется оптимальным соотношением конструкции узла, материалами неподвижных уплотнений и труящихся пар. В торцовом уплотнении притертые рабочие поверхности колец пар трения образуют плоскопараллельный зазор. В процессе работы под действием давления и температуры форма уплотнительного зазора искажается из-за деформации колец. При этом увеличивается утечка и происходит неравномерное изнашивание.

Торцевые уплотнения по своим эксплуатационным качествам выгодно отличаются от всех прочих уплотнений вращающихся валов. Так, потери мощности на трение в торцевых уплотнениях составляют лишь 10—15% потерь мощности в сальниковых уплотнениях. Основной узел, обеспечивающий работоспособность такого уплотнения, — уплотнительные кольца, трение которых и создает герметичность узла. Надежность работы торцевого уплотнения во многом определяется физико-механическими свойствами материалов уплотнительных колец, в частности пластмасс.

Для пар трения обыкновенных механических уплотнений, взаимодействующих с разными перекачиваемыми средами, нормальным является режим полужидкостной смазки. В зазоре пары трения торцового уплотнения имеется тонкий слой жидкости, практически полностью разделяющий обе трещиющиеся поверхности уплотнения и способный выдерживать возникающие сжимающие нагрузки. Одновременно в зазоре пары происходят контакты микронеровностей, которые совместно с включениями абразива, содержащимися в перекачиваемой среде, вызывают износ контактных поверхностей. Как правило, интенсивность изнашивания достаточно мала, так как выбирают такие материалы пары трения, которые в состоянии обеспечить продолжительную работу на протяжении 10000 часов. Такой режим можно назвать полужидкостным, так как характеристики данного режима близки к характеристикам жидкостного режима[13].

Одной из самых главных характеристик является коэффициент трения f , он зависит от многих факторов и параметров, но для оценочных расчетов можно принять $f = 0,06...0,08$ для рекомендуемого диапазона $G \sim [3e-8....4e-7]$. На рисунке 11 приведен график к определению оценочной зависимости коэффициента трения f от фактора нагрузки G

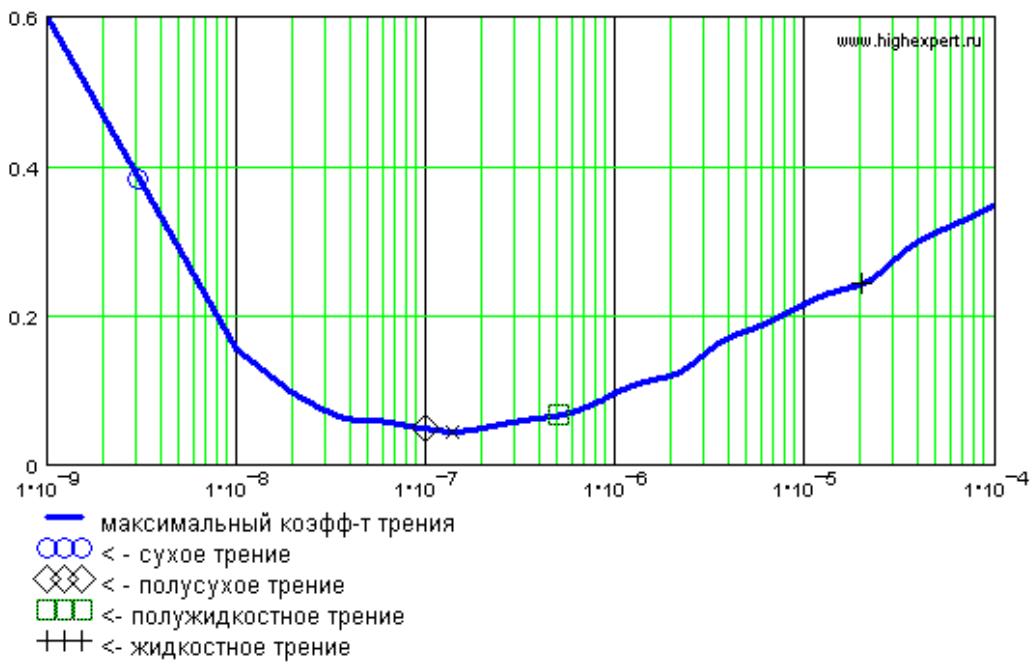


Рисунок 11- График зависимости коэффициента трения f от фактора нагрузки G .

Эффективность и работоспособность торцевого уплотнения определяют по степени утечки перекачиваемой жидкости в стыке уплотнительных колец. Герметичность уплотнения определяют по нескольким факторам: величина статического зазора между уплотнительными кольцами, вибрация, режим эксплуатации, правильность монтажа, внешние силы раскрывающие кольца, свойства уплотняемой среды[14].

2.2 Заключение по результатам исследования процесса трения.

На основе рассмотренной информации о технологии притертых поверхностей и режимах смазки можно с уверенностью заявить, что точная и качественная притирка поверхностей очень важна, так как первичная герметизация достигается путем контакта пары трения, и от качества притирки зависит толщина смазочной пленки. Была выявлена зависимость коэффициента

трения в зависимости от нагрузки. Рассмотрены приемущества и недостатки технологии притертых поверхностей.

В результате исследования формируется задача по изучению материалов и неисправностей притертых поверхностей уплотнения, с дальнейшим техническим предложением по модернизации конструкции пары трения

3 Повреждения и исследование материалов уплотнения

3.1 Повреждения торцового уплотнения

Повреждение торцевого уплотнения является самой распространенной причиной простоя насоса. Состояние уплотнение вала зависит от различных факторов условий эксплуатации. Иногда при работе насоса условия эксплуатации изменяются и становятся отличными от тех, на которые был рассчитан насос, и, соответственно, уплотнение вала.

Основная причина отказа механических уплотнений чаще всего попадает в одну из трех основных категорий:

Механическое разрушение: ямки на поверхностях уплотнения, сколы или впадины

Температурное разрушение: температурное разрушение от чрезмерного перегрева, вызванного плохой смазкой; опыт необычного износа или деформаций от высокой температуры или давления.

Химическое разрушение: сложные химические условия, как полимеризация и кристаллизация.

Уплотнения имеют ограниченный и эксплуатационный сроки службы. Механическое уплотнение изготовленные с использованием обычных резиновых прокладок, например, могут иметь ограниченный срок службы из-за озонового воздействия, вызванного прямым солнечным излучением или горячей среды хранения. Большие колебания температуры во время последовательных жарких дней могут стать причиной растрескивания керамических седел. Повторный запуск долго стоявшего оборудования - это серьезная ситуация, которая может привести поверхность уплотнения к заеданию и поломке.

Отказ происходит, когда уплотнение перестает выполнять свое прямое назначение - либо преждевременно, либо после приемлемого срока службы.

Повторяющиеся преждевременные отказы уплотнений могут быть предотвращены, если, в первую очередь, изменятся условия, которые привели к проблеме. Важно знать, что то же самое уплотнение в том же самом насосе, работающее в том же процессе в другой части предприятия может столкнуться с различным набором условий и проблем.

Таким образом, выход из строя механического уплотнения стоит рассматривать с точки зрения полной стоимости владения. Так же, как и большинство оборудования, уплотнения, в некоторых процессах имеют больше проблем и им требуется больше времени и обслуживания, чем другим. Ремонты и простоя являются дорогостоящими, поэтому необходимо знать все возможные неисправности и иметь представление о их упреждении с самого начала эксплуатации[15].

Основные причины выхода из строя:

- Коррозия. Возникает вследствии воздействия агрессивной среды и высокой температуры.;
- перегрев вследствие высоких температур и превышения допустимых напряжений кручения (допустимого крутящего момента);
- выход из строя в результате термического шока - большого циклического перепада температур;
- отложения на внутреннем диаметре кольца торцевого уплотнения (со стороны атмосферы у вала насоса) вследствие утечки рабочей среды (или его паровой фазы) через зазор пары трения торцевого уплотнения в атмосферу;
- отложения на наружных поверхностях торцевого уплотнения со стороны уплотняемой рабочей среды;
- грязные или несовместимые среды торцевые уплотнения обычно плохо работают с жидкостями, содержащими твёрдые включения или кристаллизующимися при контакте с атмосферой.;

- недостаточная химическая и термическая стойкость. При недостаточной химической стойкости резины изменениям подвергаются только кольца, контактирующие с рабочей средой;
- несовершенство материалов пары трения;
- наличия абразива в среде;
- неспокойная работа вала насоса;
- неправильный монтаж уплотнения;
- отсутствие смазки;
- Неправильно подобранный материал вторичных уплотнений.

Проблемы, связанные с монтажом и обслуживанием

Очень многие производители насосного оборудования в технической документации на оборудование указывают на то, что торцевые уплотнения являются расходным материалом. Торцевые уплотнения имеют конструкцию не подразумевающие проведение каких либо профилактических работ в период эксплуатации. Обслуживание уплотнений заключается в периодическом осмотре насосного оборудования на предмет утечек жидкости, а также за уровнем, температурой и состоянием затворной жидкости. Если утечек жидкости нет, значит с торцевым уплотнением все нормально. В случае, когда начались утечки жидкости, пришло время замены уплотнения [16].

Основной деталью, подвергаемой интенсивному изнашиванию в торцевых уплотнениях, являются пара трения и уплотнительные кольца. Также уплотнения выходят из строя по причине поломки пружин.

В качестве материала пары трения применяется в основном карбид кремния. Карбид кремния во многих случаях является оптимальным для деталей пар трения.

Важнейшие достоинства карбида кремния для компонентов узлов трения:

- Малая шероховатость поверхности;

- низкий коэффициент теплового расширения в сочетании с высокой теплопроводностью;
- твердость и устойчивость к абразивному износу;
- устойчивость практически ко всем кислотам (кроме плавиковой);
- возможность изготовления деталей сложной формы;
- способность работать при температуре до 1350 градусов и выдерживать термоудары (резкие повышения температуры)[17].

Рассмотрим износ пары трения. Основными причинами износа пары трения являются:

- Большой коэффициент трения материалов;
- попадание абразивных частиц в зону трения;
- недостаточная химическая стойкость материала;
- пенообразование, обусловленное наличием в смазочной жидкости воды;
- утечка масла по валу из редуктора и подшипниковых опор (износ верхней пары двойного торцевого уплотнения);
- превышение рабочего давления в аппарате над давлением смазочной жидкости в полости уплотнения (в этом случае возможен контакт пары трения с продуктами износа);
- превышение крутящего момента;
- превышение допустимой температуры;
- биение вала насоса из-за недостаточной оцентровки его обслуживающим персоналом;
- неправильный монтаж;
- наличие абразивных частиц в технологической среде;
- отложения со стороны атмосферы и рабочей среды;
- попадание абразива из атмосферы;
- выход из строя уплотнительных колец;

- поломка пружин;
- подтекание смазочного материала из редуктора или узлов привода.

Немаловажной часть торцового уплотнения являются вторичные уплотнения из эластомера, поэтому следует обратить внимание на причины выхода из строя уплотнительных колец из эластомера:

Из-за их недостаточной химической и термической стойкости; усадка, набухание и затвердевание, в результате взаимодействия с рабочей средой.

Причиной выхода из строя поджимных пружин является в основном коррозия, в результате коррозионного разрушения металла пружин происходит их утончение, уменьшение контактного давления и увеличение утечки[18].

3.1.1 Повреждения связанные с монтажом

Рассмотрим неисправности, представленные в таблице 1, которые связаны непосредственно с монтажом.

Таблица 1-Дефекты связанные непосредственно с монтажом

Первопричина дефекта	Внешнее проявление дефекта	Методы устранения дефектов
Несоосное расположение вала относительно сальниковой камеры	Касание гильзы корпуса уплотнения, перегрев резиновых колец.	Контролировать соосность и перпендикулярность расположения вала и сальниковой камеры (не более 0,1 мм) и отсутствие биения вала.
Несоответствие диаметра сальниковой камеры и посадочного диаметра уплотнения	Смещение корпуса, касание гильзой корпуса, нарушение взаимоположения уплотняющих опорных поверхностей.	В листе заказа уплотнения указывать размеры сальниковой камеры и вала в месте установки уплотнения не грубее чем по H9 и h9.

Продолжение таблицы 1- Дефекты связанные непосредственно с монтажом

Монтаж подшипников насоса «ударным» методом (кувалдой) при установленном уплотнении	Повреждение уплотнительных колец уплотнения	Использовать приспособления (съемники) для монтажа и демонтажа подшипников насосов.
Размещение стягивающих полуколец на гильзе не в своих пазах	Механическое повреждение уплотнения с касанием полуколец корпуса уплотнения.	Монтировать полукольца зажима в первой проточке гильзы, фиксатор – во второй, в соответствии с указаниями монтажного чертежа и руководства по эксплуатации.
Монтаж уплотнения со смещением гильзы вдоль вала относительно корпуса уплотнения	Чрезмерное сжатие уплотнительных колец, работа их в режиме упорного подшипника и чрезмерный разогрев.	Монтаж уплотнения производить с установленным фиксатором. Убедиться в соответствии диаметра вала, внутреннему диаметру гильзы и резиновым уплотнительным кольцам. Установить уплотнение с меньшим натягом на вал насоса.
Слабое обжатие цанги гильзы на валу насоса.	Сдвижка гильзы по валу, пережатие уплотнительных колец	Обжатие цанги гильзы осуществлять моментом на стяжных болтах от 5 до 10 кГм в зависимости от диаметра.
Наличие большого числа гибов трубопроводов системы затворной жидкости	Снижение эффективности охлаждения уплотнения. Рост температуры корпуса уплотнения.	Сократить количество гибов труб до суммарного угла в 270° на подъемном и опускном участках системы, использовать трубы с внутренним диаметром от 15 до 20 мм.
Попадание масла на резиновые уплотнительные кольца из не маслобензостойкой резины (типа ЭП502, ЭП 503)	Разбухание резиновых колец, потеря ими уплотняющих свойств.	Сборку уплотнения и монтаж его производить без использования масел. При необходимости смачивать поверхности скольжения водой, силиконовой смазкой.
Попадание посторонних предметов в полость уплотнения	Наличие посторонних частиц в полости затворной жидкости уплотнения; Задиры на корпусе импеллера, кольцах пар трения; Разрушение пар трения.	Промыть оборудование и трубопроводы системы перед подключением их к уплотнению затворной жидкостью под давлением до 0,3 МПа в количестве 10-15 литров через каждый трубопровод (подвод и отвод) затворной жидкости с контролем наличия посторонних частиц в сливаемой жидкости.
Износ всех деталей, на кольцах уплотнения образуются сколы, возможно образование отверстий в зазоре уплотнения.	Повышенный уровень вибрации	Проверить состояние подшипников

Избежать подобные отказы помогут соблюдения указаний руководства по эксплуатации, поддержание оборудования в исправном состоянии, введение систем контроля и автоматизации, а также учет местных, специфических условий эксплуатации[19].

3.1.2 Повреждения, связанные с эксплуатационными характеристиками

Рассмотрим типичные поломки торцовых уплотнений.

Иногда основные причины отказа можно определить по внешнему виду.

Неисправность вызванная механическим воздействием выглядит, как выработка на валу насоса, которая в дальнейшем приводит к коррозии. Выработка возникает по причине взаимного движения вала рабочего колеса, что и разрушает поверхность. Выработка является одной из главных причин возникновения утечек в торцовом уплотнении.

Уплотнение которое вышло из строя по причине коррозии имеет пластинчатую и рассыпчатую структуру, в то время как обработка металла будет иметь мутный оттенок.[20].

Поломка, произошедшая по причине термической эрозии, чаще всего проявляется в виде разрывов, образовавшихся раковин и трещин. Механическим уплотнениям необходима надлежащая смазка и охлаждение. Работа без жидкости может вызвать неизбежное повреждение уплотнения.

Без смазочной пленки в зазоре пары трения, теплота которая выделяется при взаимодействии контактных поверхностей рассеивается и переходит на кольца уплотнения, в результате быстрого повышения температур до нескольких сот градусов спустя несколько минут работы без смазочной пленки в зазоре уплотнения может выйти из строя.

Высокая температура также отрицательно сказывается на материалах вторичных эластомерных уплотнений. Скорость достижения высокого уровня температуры обусловлено выбором материалов пары трения и конструкции уплотнения.

Таблица 2- Механические поломки

Поломка	Причина поломки
Пазы на контактных канавках	Недостаточная смазка и/или присутствие взвешенных частиц(песок, кварц и т.д.)
Поломка пружины врачающейся части	Работа насоса при расцентровки вала
Истирание резины уплотнительных колец	Выход за пределы диапазона давления и температуры или необычных вибраций
Нарушение подвижности колец пары трения	Набухание или отвердевание уплотнительных колец
Разрушение пары трения, нарушение плоскости прилегания	Аbrasивные включения в затворной и перекачиваемой жидкости
Утечки уплотняемой жидкости	Отложения со стороны атмосферы и уплотняемой среды
Разрыв резинового сильфона	Превышение допустимого крутящего момента
Набухание эластомера	Неправильно подобранный материал
Заклинивание врачающейся кольца	Выпадение осадка в зазоре уплотнения, вследствии высокой загрязненности среды
Заедание при вращении пары трения	Поверхности колец из твердых материалов. Липкие составляющие перекачиваемой жидкости. Режим работы пуск\остановка
Взрывная декомпрессия	Наличие в жидкости высокого парциального давления газовой фазы. Поглощенный резиной газ не может высвободиться с той же скоростью, с которой понижается давление, внутреннее давление становится избыточным.

Таблица 3 - Поломки вызванные химикатами и коррозией

Поломка	Причина поломки
Коррозия уплотнительного кольца неподвижной части торцевого уплотнения	
Коррозия резинового сильфона	
Набухание эластомеров из-за химического воздействия перекачиваемой жидкости	Химически активная перекачиваемая среда, недостаточная химическая стойкость материалов уплотнения

Продолжение таблицы 3- Поломки вызванные химикатами и коррозией

Коррозия пары трения	Химически активная перекачиваемая среда, недостаточная химическая стойкость материалов уплотнения
Заедание при вращении пары трения	
Старение резиновых деталей	Недостаточная химическая коррозионная стойкость, атмосферное растрескивание

Таблица 4 - Типичные поломки, вызванные повышением температуры (отсутствие или недостаточная промывка уплотнения)

Поломка	Причина поломки
Образование пузырьков	Наличие остаточного углерода в металле из-за длительного воздействия высокой температуры
Сжиженный эластомер уплотнительного кольца	Длительный режим сухого трения
Порезы на эластомере	Периодический режим сухого трения, отсутствие или недостаточная смазка
Ускоренный износ колец пары трения	Перегрев, вследствие режима сухого трения, Термический шок (большой цилический перепад температур)
Заедание при вращении пары трения	Повышенные температуры

Для продолжительного срока службы торцевого уплотнения необходимо знать всю необходимую информацию об условиях эксплуатации и учитывать их при работе торцевых уплотнений. Соблюдение эксплуатационных характеристик, предусмотренных заводом изготовителем, является важным аспектом при эксплуатации узла от них зависит срок службы уплотнения.

Наименование эксплуатационных характеристик

- Наименование рабочей среды;
- температура рабочей среды;
- температура эксплуатации;
- давление эксплуатации;
- допустимый перепад давления;
- режим работы насоса;
- скорость вращения вала.

При эксплуатации герметизирующего торцового устройства при работе со средами склонными к полимеризации, перед запуском уплотнение необходимо прогреть до температуры размягчения продуктов полимеризации, разогрев осуществляется путем подачей пара или горячей воды непосредственно в рубашку уплотнения. Правильный выбор типа торцового уплотнения, грамотный подбор материалов, четко скоординированные действия квалифицированного персонала обеспечат долговечную работу уплотнения и насоса в целом[21].

3.2 Влияние выбора материалов уплотнений

Далеко немногие материалы подходят для поверхностей уплотнения. Необходим очень маленький для обеспечения минимального уровня утечки. В результате, смазывающая пленка будет очень тонкой. Следовательно, материалы поверхности торцового уплотнения должны быть в состоянии выдержать трение друг об друга при очень высокой нагрузке и скорости. Ввиду этого материалы, применяемые для поверхностей уплотнения, а именно пары трения, должны обладать низким коэффициентом трения, высокой теплопроводностью, твердостью, хорошей устойчивостью к коррозии. Выбор материалов контактных поверхностей имеет решающее значение для функционирования на протяжении всего срока службы торцевого уплотнения вала.

Правильная комбинация материалов обеспечивает необходимые показатели работы узла с конкретной перекачиваемой средой. Также необходимо обратить внимание на материалы, из которых изготавливаются составные узлы уплотнения. Такими узлами являются :

- Кольца пары трения
- Вторичные кольца из эластомеров
- Прочие элементы уплотнений(пружины, штифты, болты и др.)[22].

3.2.1 Материалы пары трения

Данные материалы должны обладать особыми свойствами, ведь они непрерывно находятся в плотном контакте друг с другом и при этом двигаются друг относительно друга очень быстро (со скоростью вращения вала насоса). Их поверхность должна быть предельно гладкой, а способность противостоять износу очень высокой.

Углеграфит (угольный графит) широко используется в качестве материала пары трения. Существует большое количество разновидностей графита, используемого в уплотнениях. Графит наиболее мягкий материал уплотнения. Он плохо переносит присутствие в воде твердых частиц, которые могут разрушить его поверхность и привести к выходу уплотнения из строя. Помимо угля графит также может быть пропитан смолами (для лучшей смазки) или металлами (для уменьшения коэффициента трения). Эти пропитки обеспечивают графиту наименьший коэффициент трения из всех материалов. Если есть риск сухого хода насоса, желательно, чтобы одно из колец уплотнения было сделано из графита. Также графит хорош при работе с горячими жидкостями, у которых смазывающие свойства ухудшены. Пропитки из металла понижают коррозионную стойкость графита и делают невозможным работу с пищевыми продуктами. Ниже представлены характеристики углеграфита:

- Эффект самосмазывания при трении;
- Пропитка смолами и металлами;
- Хорошая химическая стойкость;
- Плотность от 1.65 г/см³ до 2.3 г/см³;
- Максимальное напряжение сжатия от 95 МПа до 170 МПа;
- Максимальная рабочая температура от +120 град С до +200 град С;
- Жесткость и вязкость угольного графита низки.

Эти свойства должны учитываться при проектировании и установке торцевых уплотнений вала.

Оксид алюминия (Al_2O_3), который по другому называется глиноземом. Чаще всего используется в паре с графитом. Он достаточно тверд, но обладает относительно слабой устойчивостью к коррозии. Кислотостойкость глинозема увеличивается по мере роста его чистоты от примесей, но чистый оксид алюминия достаточно дорог, что лишает смысла использования его в уплотнениях. Керамика находит применение в торцовых уплотнениях при небольших перепадах температур. Керамика оксид алюминия имеет следующие характеристики:

- Износостойкость и химическая стойкость;
- Содержание оксида алюминия от 95% до 99%;
- Твёрдость HRC 80...85;
- Теплопроводность ~25 Вт/(м K);
- Коэффициент температурного расширения ~ 5.3×10^{-6} (1/K);
- Предельная температура около +1200 град C.

Карбид вольфрама (WC) - очень твердый материала, наиболее устойчивый к твердым частицам в воде. Однако пара WC-WC обладает наибольшим коэффициентом трения, поэтому такую пару лучше использовать при малых скоростях вала, либо при использовании дополнительной смазки. Характеристики у металлокерамики следующие:

- Высокая износостойкость;
- Связка на основе никеля или кобальта с содержанием от 4% до 8%;
- Твёрдость HRC > 87;
- Плотность ~14.5 г/см³;
- Теплопроводность ~70 Вт/(м K);
- Коэффициент температурного расширения ~ 5×10^{-6} (1/K);

Благодаря его чрезвычайно высокой износостойкости, WC является предпочтительным материалом поверхности уплотнения для вариантов применения, связанных с присутствием абразивных частиц.

Карбид кремния (SiC) - имеет хорошие показатели по твердости и теплопроводности. Материал хрупкий и коэффициент трения в нем достаточно высок, выше только у пары WC-WC. Использование пропиток позволяет уменьшить этот коэффициент. Керамика на основе карбида кремния имеет следующие показатели:

- Низкий коэффициент трения, износостойкость и химическая стойкость;
- Содержание карбида кремния от 55% до 98%;
- Твёрдость HRA 80...92;
- Теплопроводность 80...125 Вт/(м К);
- Коэффициент температурного расширения [3...4] x 10E-6 (1/K);
- Предельная температура +750...+1200 град С;

Сложное спекание или добавление различных наполнителей может вносить изменения в стандартные марки SiC. Наполнители могут добавляться для достижения улучшенной электропроводности, повышения жесткости или уменьшения трения. Включения углерода или графита могут использоваться в качестве сухой смазки для уменьшения трения. Для успешного использования включений графита в качестве смазки необходимо оптимизировать связь между SiC и графитом, а также размер и количество включений графита.

Алмазной покрытие - идеальное покрытие для поверхности пары трения. Имеет самую высокую твердость, теплопроводность. Оно устойчиво к коррозии и имеет низкий коэффициент трения. У алмазного покрытия один, но существенный недостаток, который определяет редкость его использования - очень высокая цена.

В последнее десятилетие алмазные покрытия были запущены в серийное производство. Такие покрытия могут представлять собой поликристаллический алмаз или аморфный углерод, называемый алмазоподобным углеродом (DLC).

Могут создаваться различные варианты покрытий DLC, твердость которых варьируется от 1000 до 4000 HV (тврдость по Виккерсу). Толщина покрытия DLC варьируется от 0,1 до 10 мм и значительно влияет на себестоимость. При небольшой толщине покрытия сцепление с основой должно быть очень сильным для предупреждения расслоения, когда покрытие DLC используется на поверхности уплотнения. Лучшими свойствами обладают толстые покрытия из поликристаллического алмаза, нанесенные на твердую основу. При этом если на другую поверхность торцевого уплотнения не нанесено аналогичное покрытие, она может подвергаться износу[23].

Теперь разберем различные сочетания материалов пары трения:

Графит/WC - данная пара хороша, если предполагается возможность работы по сухому, а также если температура жидкости высокая. Именно графит в данной паре обеспечивает низкий коэффициент трения около 0,22. В зависимости от пропитки графит накладывает ограничения по использования данной пары в зависимости от агрессивности перекачиваемой жидкости. Пара плохо переносит твердые частицы из-за мягкости графита. По этой же причине любое уплотнение с графитом плохо подходит для гликоля, в котором могут образоваться твердые частицы в результате кристаллизации. Присутствует вероятность увеличения износа за счет низких скоростей вращения вала.

Графит/SiC - графит с пропиткой в комбинации с карбидом кремния обеспечивает быстрый отвод тепла с поверхности контакта и уменьшает риск исчезновения смазывающей пленки. Применяется в условиях средней нагрузки, длительных простоев и риске запуска «на сухую». Свойства этой пары близки к предыдущей, однако происходит быстрый износ при высоких температурах.

Графит/Al₂O₃ - наиболее дешевая пара уплотнения (часто ее называют Уголь/Алюмоксидная керамика). Имеет ограниченную устойчивость к

коррозии (рН от 5 до 10), наиболее быстро изнашивается при высоких температурах.

WC - WC - карбид вольфрама, используемый в качестве материала обоих колец очень плохо переносит работу без смазки из-за высокого коэффициента трения, который по своему значению близок к 0,5. Выход из строя уплотнения при работе "по сухому" происходит за несколько десятков секунд. Зато данная пара трения обладает наиболее высокими свойствами при работе с твердыми частицами. WC-WC - лучше всего подходит для работы с гликолем, в чей состав могут входить различные ингибиторы и щелочи, а также фосфаты и силикаты. Карбид вольфрама наилучшим образом противостоит возможной кристаллизации элементов гликоля благодаря своей твердости.

SiC/WC - карбид кремния по карбиду вольфрама – комбинация, имеющая самые высокие показатели износстойкости. Данное решение является дорогостоящим. Однако значение коэффициента трения равно 0,35 Применяется только при больших нагрузках, где требуемый период эксплуатации составляет более 10 000 часов.

SiC - SiC - карбид кремния, используемый в качестве материала обоих колец имеет меньший коэффициент трения по сравнению с предыдущей парой, но достаточно высокий по сравнению с графитом. Трение может быть уменьшено производителем за счет применения твердых смазок, в этом случае пара обладает хорошими свойствами по трению. SiC-SiC обладает наилучшими характеристиками по противостоянию коррозии. Свойства пары по твердости чуть хуже чем WC-WC. Коэффициент трения равен 0,26.[23]

Для более наглядного сравнения коэффициентов трения различных компоновок материалов представлен график , изображенный на рисунке.

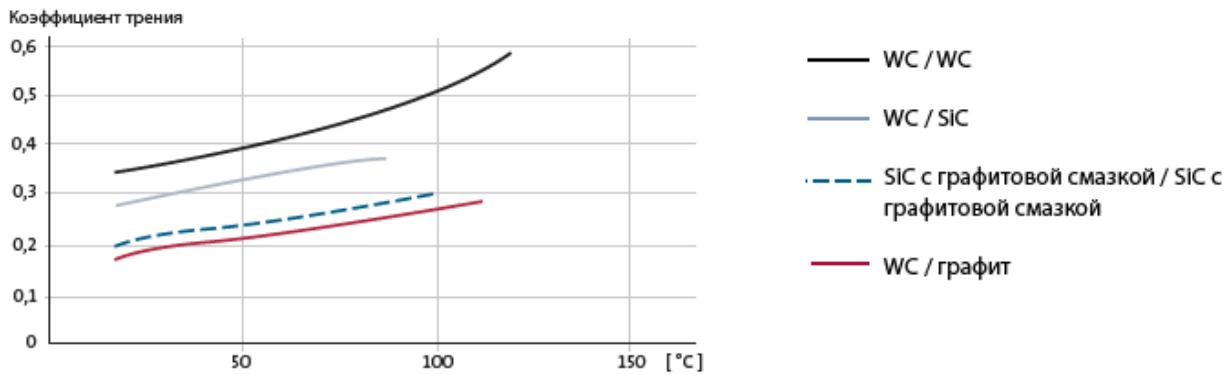


Рисунок 12 – Коэффициент трения различных пар материалов поверхностей уплотнения.

Рассмотрим инновационное предложение, описанное в статье «Наноструктурированные керамополимерные покрытия для торцевых уплотнений», в которой описывается метод повышения надежности и долговечности пары трения.

В статье описано использование "гибридной" технологии поверхностного синтеза композиционных наноструктурированных керамополимерных покрытий для изготовления торцевых уплотнений высокоточных, долговечных, маломоментных, быстровращающихся механизмов.

Во многих случаях повышение долговечности пар трения достигают за счет получения различными методами на сопрягаемых поверхностях достаточно толстых (более 30 мкм) защитных оксидных слоев.

Модифицирование с участием электролитной плазмы микроразрядов позволяет синтезировать на поверхности металлов вентильной группы (Al, Mg, Ti, Zr, Nb, Ta и некоторых других, при анодном окислении которых на поверхности образуются оксидные пленки с униполярной проводимостью в системе металл–оксид–электролит) наноструктурированные оксидные композитные слои, которые по многим показателям превосходят покрытия, сформированные иными способами .

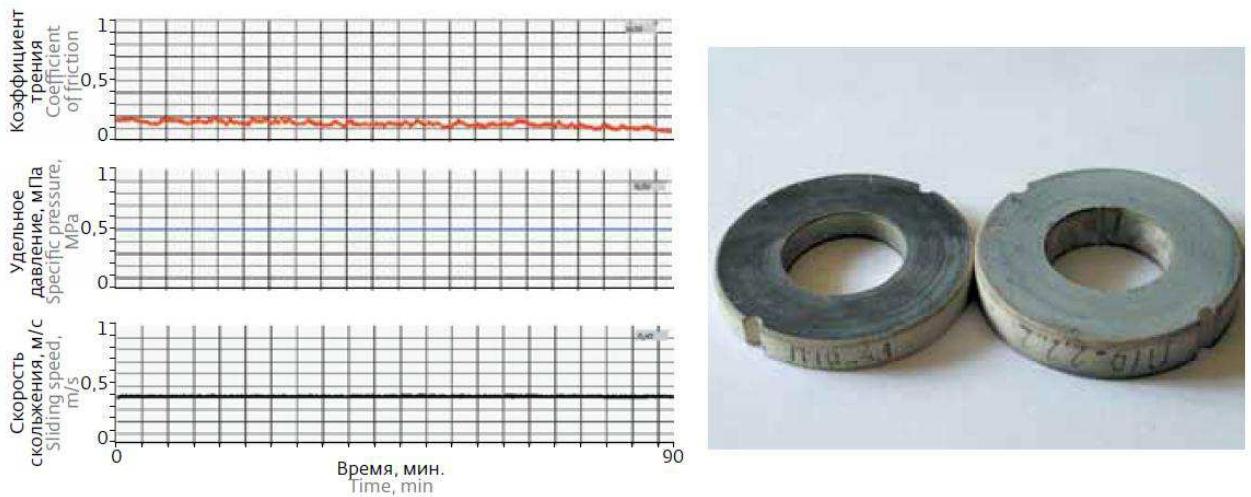


Рисунок 13- Параметры и типичный внешний вид образцов после трибологических испытаний пары трения керамополимер - керамополимер.

Для апробации полученных экспериментальных результатов было изготовлено торцевое уплотнение, герметизирующее выходной конец вала ротора многосекционного центробежного насоса, и проведены его натурные испытания. Сопрягаемые детали были обработаны методом МДО (микродугового оксидирования) с последующим наполнением остаточных открытых пор оксидокерамического слоя поли-пара-ксилиленом (пара трения керамополимер – керамополимер). Частота вращения вала приводного двигателя составляла 3 тыс. об/мин, давление воды в зоне уплотнения – до 16 кгс/см².

Результаты испытаний показали, что момент вращения при запуске составил 0,011 Н·м, осевой люфт в зоне сопряжения – менее 0,001 мм, в то время как среднее значение коэффициента трения составило $f=0,08$, а зазор в стыке пары трения не превышал 0,3 микрона. Это позволяет отнести данную пару трения к разряду антифрикционных. При эксплуатационных испытаниях в течение 200 час уплотнение сохраняло полную герметичность (отсутствие протечки)[24].

3.2.2 Материалы вторичных уплотнений и пружин

Эластомерные уплотнители должны обеспечивать герметичность, должны быть устойчивы к температуре перекачиваемой жидкости, ее вязкости и агрессивности.

NBR или бутадиен-нитрильный каучук (нитрил). Недорогой материал с хорошими свойствами, который считается базовым для торцевых уплотнений. Высокая износостойкость сочетается со стойкостью к таким материалам как масла, вода, углеводороды: нефть, бензин, диз. топливо. Минимальная рабочая температура минус 40 градусов цельсия. Максимальная рабочая температура 100 градусов цельсия для масел, 80 градусов для воды. Материал плохо переносит абразивные частицы в жидкости.

H-NBR это эластомер на основе гидрированного бутадиен-акрилнитрильного каучука, который подходит для использования в алифатических углеводородах (таких как пропан, бутан) и минеральных маслах и смазках (кратковременно до 170°C), а также для сырой нефти, содержащей сероводород. H-NBR также можно использовать в разбавленных кислотах и щелочах, солевых растворах, даже при высоких температурах, и в водно-гликоловых смесях. H-NBR не совместим с топливами, которые обладают высоким содержанием ароматических углеводородов (смеси премиум бензина), кетонов автобензина (горюче-спиртовые смеси), сложными и простыми эфирами и хлорированными углеводородами (такими как трихлорэтилен и тетрахлорэтилен).

MVQ (метивинилсиликон). К силиконовой резине относится большая группа материалов, основным компонентом которых является метилвинилсиликон (MVQ). Силиконовые эластомеры обладают относительно небольшой прочностью на разрыв и низкой устойчивостью к износу. Тем не менее, они имеют много уникальных свойств. Силикон обладает хорошей

жаростойкостью до + 230°C и хорошей гибкостью при низких температурах до - 60°C, а также хорошей стойкостью к атмосферным воздействиям.

Viton (FPM, FKM) - фторкаучук. Преимущественное применение материала viton: специальные уплотнения в химической промышленности и в теплотехнике, уплотнения валов, кольца круглого сечения, гидравлические уплотнения для HFD- жидкостей. Он способен работать при температуре от -20 до +200 градусов. Фторкаучук обладает достаточной химической стойкостью по отношению к углеводородам, спиртам, асфальту и гудрону, горячей воде, концентрированным кислотам, а также к сырой нефти и высокосернистому газу. Стойкость к щелочам средняя при условии, что температура жидкости не превысит 100 градусов цельсия. Viton плохо переносит аммиак, низкомолекулярные органические кислоты (муравьиная, уксусная), а также полярные растворители (ацетон). Однако он не устойчив к безводному аммиаку, аминам, кетонам, сложным эфирам, горячей воде и низкомолекулярным органическим кислотам. Стойкость к абразивным частицам умеренная.

Viton Extreme, ETP, сополимер этилена, тетрафторэтилена (TFE), и перфторметиливинолового эфира (PMVE), торговая марка каучука, выпускаемого компанией DuPont и входящая в семейство каучуков Viton. Данный материал не содержит VF2 и формально не относится к группе FPM (FKM). Viton Extreme содержит 73,5% фтора. Vitone Extreme обладает такой же стойкостью к воздействию температуры, кислот и углеводородов, как и каучуки FPM на основе VF2 (прочие Витоны). Кроме того, ETP обладает уникальной стойкостью к ряду сред, несовместимых с FPM, в том числе к щелочам, аминам, кетонам, альдегидам, низкомолекулярным сложным эфирам (например, метил-трет-бутиловый эфир, MTBE).

FFKM - перфторуглеродный каучук. Этот эластомер обладает наиболее высокой химической устойчивостью среди всех эластомеров, сравнимой с тефлоном. Главной особенностью данного материала является

работоспособность в диапазоне от -25°C до +320°C., как для воды, так и для масел.

Достоинство резин на основе FFKM — малая остаточная деформация сжатия даже в условиях эксплуатации при температуре около 250°C. Хорошие механические свойства этих резин не изменяются после их выдержки на воздухе при температуре около 300°C в течение 1 мес. FFKM содержит около 75% фтора. Они имеют высокую стойкость к абразивным частицам.

FFKM используется в химической, пищевой и фармацевтической промышленности, производстве полупроводников. Высочайшая стойкость FFKM позволяет применять его при высокой температуре в таких агрессивных средах, как смазочные материалы реактивных двигателей, компоненты ракетного топлива, нефтяные скважины.

Компания DuPont указывает, что Kalrez совместим с более чем 1800 химическими соединениями. Среди сред, в которых может работать FFKM:

- Алифатические и ароматические углеводороды.
- Хлорированные углеводороды.
- Полярные растворители (кетоны, сложные эфиры, простые эфиры).
- Неорганические и органические кислоты.
- Вода и пар.
- Высокий вакуум (при минимальных потерях в весе).
- FFKM не совместим с:
- Фторированными хладагентами (R11, 12, 13, 113, 114 и другие).
- Перфторированные смазочные материалы на основе PFPE[25].

Пружины и металлические сильфоны изготавливаются из нержавеющей стали или специальных сплавов, обладающих повышенной устойчивостью к коррозии. Популярна в использовании группа сплавов под общим названием Хастеллой, в чей состав обязательно входит никель. Кроме него в состав могут входить молибден, хром, железо, медь, титан, марганец и другие металлы.

Хастеллой ощутимо дороже нержавеющей стали, но его применение необходимо, например, в насосах, предназначенных для работы с концентрированным кислотами и щелочами.

Прочие элементы уплотнений (держатели, болты, направляющие) могут быть изготовлены из металлов или жестких полимеров в зависимости от назначения насоса[26].

3.3 Заключение на основе исследования повреждений и материалов

В данной главе рассмотрены детали, которые в большей степени подвержены износу, основные причины повреждений торцевых уплотнений, к таким причинам относятся: поломки связанные с монтажом и обслуживанием, неисправности из за повышенных температур, превышения крутящего момента и давления, повреждения вызванные коррозией и химически агрессивной средой, а также дефекты из –за наличия взвешенных абразивных частиц в перекачиваемой среде и затворной жидкости. Все перечисленные выше обстоятельства значительно сокращают срок службы пары трения и уплотнения в целом.

Точно определить причины повреждений уплотнений вала зачастую достаточно сложно. Необходимо проведение подробного анализа повреждения с учетом всех действующих факторов. От большинства факторов, негативно сказывающихся на сроке службы уплотнения, можно избавится путем соблюдения всех предписаний завода изготовителя и обеспечением необходимых условий эксплуатации обслуживающим персоналом.

В результате исследования материалов пары трения были определены лучшие материалы, критерий оценки складывался из коррозионной, химической стойкости, стойкости к абразивным включениям, значению коэффициент трения.

Материалы для торцевых уплотнений вала должны выбираться в соответствии с условиями применения. Неправильный выбор материала, вследствие неверной оценки рабочей среды и условий эксплуатации может повлечь за собой преждевременный выход из строя торцового уплотнения с последующим простоем центробежного насоса. Необходимо учитывать устойчивость к химическому воздействию, рабочий температурный диапазон, коэффициент трения и износостойкость. Также следует обратить большое внимание на взаимодействие уплотнения с абразивными частицами.

4 Обоснование выбора материалов для торцового уплотнения

На основе анализа поломок герметизирующего устройства вала и их причин, рассмотренных материалов торцового уплотнения можно сделать вывод, что наиболее оптимальным с точки зрения износостойкости, наименьшего коэффициента трения, коррозионной и термической стойкости, возможности сухого хода является применения инновационной пары трения из керамополимерного покрытия МДО слоя пара-поли-ксилилена, которое обладает одним из самых низких коэффициентов трения. Среднее его значение составило 0,08, в то время как у самого дорого и качественного на сегодняшний день применяемого материала пары трения- карбид кремния/карбид вольфрама 0,27. Модернизация пары трения является необходимым условием в вопросах повышения надежности уплотнения, так как выход из строя механического уплотнения в основном происходит из –за несовершенства материала пары трения. Использование более совершенного материала повышает срок службы уплотнения практически в два раза, при соблюдении всех необходимых условий. Что касается разработанной "гибридной" технологии поверхностного синтеза композиционных наноструктурированных керамополимерных покрытий, то полученные результаты свидетельствуют о перспективности ее использования для инженерии поверхности при создании, в том числе, торцевых уплотнений высокоточных, долговечных, маломоментных быстровращающихся механизмов.

В качестве вторичных уплотнительных эластомеров предлагается применять перфторуглеродный каучук, который несмотря на свою дороговизну превосходит материал Viton по температурному диапазону, имеет больший спектр взаимодействия с агрессивными средами при экстремальных температурах. Он имеет превосходную стойкость к кислотам, щелочам, гликолю, маслу, сырой нефти. В добавок ко всему вышеперечисленному

предлагается применить группу сплавов под общим названием Хастеллой-наиболее коррозионно-стойкий материал для поджимающих пружин и других металлических деталей уплотнения. Ввиду анализа поломок, их возникновения, и методов их устранения также следует обратить внимание за технологией эксплуатации, и соблюдения всех необходимых требований завода изготовителя. Так как торцовое уплотнение является неотъемлемой составляющей гидравлической части центробежного насоса, то повышение надежности торцового уплотнения повысит надежность центробежного насоса в целом, так как 41% отказов насоса приходится именно на торцовое уплотнение. В следствии простоя центробежного насоса по причине выхода из строя торцового уплотнения, можно с уверенностью заявить, что данная тема очень актуальна с точки зрения повышения надежности и энергоэффективности.

5 Рациональные предложения по повышению надежности

Надежность торцового уплотнения зависит от многих факторов, таких как, правильная эксплуатация, состояние среды, динамические характеристики оборудования, материалы уплотнения и т.д.

Торцовые уплотнения имеют такие показатели надежности как, наработка на отказ, установленный ресурс, срок службы,

Рассмотрим более детально узлы уплотнения которые выходят из строя и какими способами можно повысить их надежность.

При эксплуатации торцовых уплотнений не допускается превышение рабочего давления в аппарате над давлением смазочной жидкости в полости уплотнения: в этом случае возможен контакт рабочей среды со смазочной жидкостью и попадание продуктов износа в зону трения. Контакт рабочей среды со смазочной жидкостью может существенно изменить ее свойства, поэтому рекомендуется периодически производить анализ химического состава смазочной жидкости. При изменении ее свойств жидкость необходимо заменить, предварительно устранив возможность ее контакта с рабочей средой, повысив перепад между давлением в смазочной системе и давлением в аппарате.

Изменение рабочего давления в аппарате в течение технологического процесса существенно влияет на долговечность торцового уплотнения, поэтому повышать или понижать давление следует плавно, со скоростью не более 2,0 МПа в час. Резкое повышение или сброс давления может вызвать разгерметизацию уплотнения.

Наиболее интенсивное изнашивание пар трения происходит в период пуска; следовательно, долговечность уплотнений, работающих в непрерывном режиме, значительно выше, чем при кратковременно-повторном режиме работы.

Преждевременный выход уплотнения из строя может быть вызван недостаточной химической и термической стойкостью материалов уплотнения пары трения, пропиточных материалов, резиновых колец, деталей, контактирующих с рабочей средой аппарата.

Механические уплотнения обычно плохо работают с жидкостями, содержащими твёрдые включения или кристаллизующимися при контакте с атмосферой. В данном случае пропускание обводной трубы через фильтр, циклонный сепаратор или фильтр обеспечивает очистку жидкости для смазки поверхностей трения.

Фильтры эффективны для частиц размером на 40 меш более отверстия фильтра.

Цилконные сепараторы эффективны для твёрдых частиц диаметром 10 микрон или более, если они имеют удельный вес 2,7 и насос обеспечивает перепад давления 30-40 атмосфер. Фильтры задерживают частицы от 2х микрон и более.

Если доступна внешняя промывка чистой жидкостью, то это наиболее безотказная система. Манжетное уплотнение или дроссель имеют возможность регулирования потока вводимой жидкости . Охлаждающий тип уплотнения используется при работе с жидкостями, имеющими тенденцию к кристаллизации при контакте с воздухом. Вода или пар, пропускаемый таким образом решить эту проблему. Другие системы поставляются в соответствии с требованиями обслуживания[27].

5.1 Пара трения

В период эксплуатации торцевого уплотнения необходим постоянный контроль за наличием смазочной жидкости в системе смазывания, так как даже кратковременное отсутствие смазочной жидкости в уплотнении приводит к разрушению колец пар трения.

Прекращение подачи охлаждающей воды вызывает перегрев уплотнения, сопровождающийся выходом из строя вспомогательных уплотнений и изнашивание колец пар трения.

Для предотвращения перегрева пары трения можно использовать следующую систему охлаждения.

При вращении уплотнения поверхности трения находятся в контакте. Таким образом выделяется тепло, и если это тепло не отводится, то температура в камере уплотнения может увеличиться и стать причиной выхода из строя уплотнения. Простая обводная трубка отводит тепло производимое в результате контакта поверхностей трения. Для более высоких температур, обводную трубку должна проходить через охладитель, рисунок 14. Подвод внешней жидкости также может использоваться.

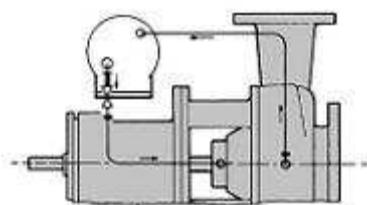
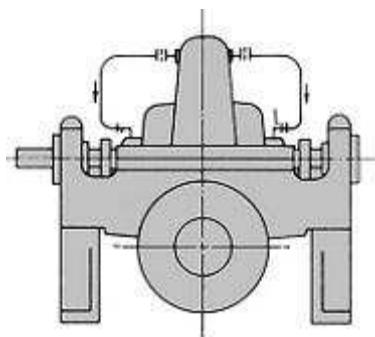


Рисунок 14 – Отвод тепла от уплотнения в процессе трения

В парах трения торцовых уплотнений химических аппаратов возможно механическое, абразивное и коррозионное изнашивание.

Эффективными методами предупреждения изнашивания колец пар трения являются грамотный подбор смазочного материала, применение коррозионно-стойких материалов, защита уплотнения от абразивосодержащей рабочей среды и фильтрация смазочной жидкости. Наиболее разрушительны для торцевых уплотнений частицы, входящие в состав атмосферной пыли, поэтому при заливке смазочную жидкость необходимо фильтровать. Особенно нежелательно присутствие в масле воды: даже очень малое ее количество (менее 0,1 % по массе) способствует пенообразованию.

При использовании в качестве смазочной жидкости минеральных масел качественная фильтрация масла и защита его от загрязнений и воды способствуют сохранению вязкостных к смазывающим свойств масла. Вода и загрязняющие частицы вызывают эмульгирование масла и повышают интенсивность его окисления. Хранить масло следует в закрытой таре; в случае попадания воды в масло необходимо сливать масло из системы до тех пор, пока в нем не будет водяных пузырьков, затем долить масло.

Через 1000 ч работы смазочную жидкость следует полностью заменить, предварительно промыв всю систему.

Причиной абразивного изнашивания верхней пары двойного торцевого уплотнения может быть утечка масла по валу из редуктора и подшипниковых опор.

При эксплуатации уплотнений на средах, пары которых склонны к полимеризации, перед пуском уплотнение нужно прогреть до температуры размягчения продуктов полимеризации, для чего в рубашку уплотнения подать горячую воду или пар[29].

5.2 Вспомогательные уплотнительные кольца и пружины

При незначительном износе пар трения причиной отказа уплотнения могут быть резиновые кольца или пружины. В результате взаимодействия с

рабочей средой резиновые кольца могут давать усадку, набухать или затвердевать. При усадке сечение кольца уменьшается, герметичность между сопрягаемыми деталями торцового уплотнения нарушается. При набухании или отверждении резиновых колец нарушается подвижность колец пар трения и, как следствие, увеличивается утечка. Поскольку рабочая среда контактирует с резиновыми кольцами нижней пары, то, сравнивая состояние резиновых колец верхней и нижней пары трения, можно выявить причину потери резиной ее свойств.

При недостаточной химической стойкости резины изменениям подвергаются только кольца, контактирующие с рабочей средой. В этом случае необходимо обеспечить защиту резиновых колец фторопластовыми манжетами или заменить резину на более химически стойкую. При недостаточной термической стойкости изменениям подвергаются в одинаковой степени все резиновые кольца и в первую очередь кольца, уплотняющие вращающиеся элементы пар трения на втулке уплотнения. Замена резины на более термостойкую или снижение температуры смазочной жидкости помогут продлить долговечность торцового уплотнения.

В результате коррозионного разрушения металла пружин происходит их утонение, уменьшение контактного давления и увеличение утечки. Применение коррозионно-стойких металлов или покрытий при изготовлении пружин, а также использование неагрессивных смазочных жидкостей исключает влияние пружин на долговечность торцовых уплотнений[30].

В практике эксплуатации возможны случаи отказа торцовых уплотнений, вызванные несколькими причинами. В период пусконаладочных работ на реакторах аммионирования (производство фенозона) наработка торцовых уплотнений до первого отказа не превышала одного месяца. Во Время работы наблюдался постоянно увеличивающийся расход смазочной жидкости, причем утечка через верхнюю пару трения не превышала 1-2 см³/ч.

При осмотре демонтированных уплотнений установлено следующее:

- потеря подвижности колец нижней пары трения вследствие набухания резиновых колец;
- осаждение пылевидных частиц желтого цвета на поверхностях деталей, контактирующих с рабочей средой;
- полный износ рабочего пояска нижнего углеграфитового кольца;
- ширина дорожек трения на рабочих поверхностях вращающихся колец превышала 10 мм (биение вала в статике при проворачивании вручную было на более 0,2 мм)[31].

Таким образом, причинами отказов явились недостаточная химическая стойкость резины, наличие абразива в среде и малая жесткость вала. Необходимо отметить, что устраниением выявленных причин отказов без уменьшения биения вала не удается существенно повысить работоспособность уплотнения. Поскольку установка концевой опоры вала в абразиво содержащей среде не эффективна, а увеличение диаметра вала требует значительных материальных затрат, наиболее рациональным способом снижения амплитуды колебаний вала в зоне торцового уплотнения является уменьшение расстояния между подшипником привода и уплотнением.

В связи с этим можно выделить следующие предложения по повышению характеристик:

- Правильный монтаж и демонтаж уплотнения, производимый квалифицированными слесарями;
- Должная центровка вала насоса. При эксплуатации торцовых уплотнений особенно важна спокойная работа вала насоса. Если вал работает неравномерно или с биениями, то на уплотнительных поверхностях появляются следы интенсивного изнашивания, что приводит к преждевременной потере торцовым уплотнением своих уплотнительных свойств. Во время монтажа уплотнения необходимо отцентровать вал должным образом

- Соблюдение всех необходимых эксплуатационных требований завода изготовителя (соблюдение крутящего момента, температуры, качества смазочной среды, правильный подбор уплотнения по типу перекачиваемой жидкости, подготовка к работе и пуску);
- Фильтрация смазочной среды. В данном случае пропускание обводной трубы через фильтр, циклонный сепаратор или фильтр обеспечивает очистку жидкости для смазки поверхностей трения контроль за ее состоянием, соблюдение регламента замены смазочной жидкости;
- Фильтрация уплотняемой среды;
- Применение более совершенных материалов пары трения (например керамополимер);
- Применение более химически и термически стойких материалов уплотнительных колец, которые также будут стойки к абразивным включениям перекачиваемой среды (перфторуглеродный каучук- Этот эластомер обладает наиболее высокой химической устойчивостью среди всех эластомеров, сравнимой с тефлоном. Он может использоваться при температуре жидкости до +230 градусов, как для воды, так и для масел..
- Применение коррозионно-стойких металлов или покрытий при изготовлении пружин, а также использование неагрессивных смазочных жидкостей(применение группы сплавов под общим названием Хастеллой, в чей состав обязательно входит никель. Кроме него в состав могут входить молибден, хром, железо, медь, титан, марганец и другие металлы. Хастеллой ощутимо дороже нержавеющей стали, но его применение необходимо, например, в насосах, предназначенных для работы с концентрированным кислотами и щелочами.
- Ведение температурного контроля;
- Обеспечить непрерывный режим работы. Наиболее интенсивное изнашивание пар трения происходит в период пуска, следовательно,

долговечность уплотнений, работающих в непрерывном режиме, значительно выше, чем при кратковременно-повторном режиме работы.

5.3 Заключение на основе технических предложений

В данной главе рассмотрены некоторые предложения по повышению эксплуатационных характеристик торцовых уплотнений на основе анализа выбора материалов режима работы, повреждений и действий обслуживающего персонала. Таким образом, данные исследования показали, что после применения наиболее инновационных материалов, повысить надежность уплотнения можно модернизировав саму конструкцию пары трения.

6 Технология изготовления

Герметизация перекачиваемой жидкости в паре трения осуществляется за счет двух плоскополированных поверхностей. В предлагаемой конструкции, в результате исследования систем уплотнений, анализа материалов, процесса трения, исходя из описания повреждений и их причин, было решено модернизировать конструкцию вращающегося кольца путем выполнения на вращающемся кольце механического уплотнения гидродинамических канавок, тем самым повышая герметичность, долговечность, снижение энергетических потерь. В уплотнениях вала для жидкостей с очень низкой вязкостью, например, горячей воды и газов, гидродинамическую смазку можно увеличить, сделав канавки на вращающемся кольце или “седле”. Под действием температурной деформации на поверхности уплотнения рядом с канавками образуется термический клин.

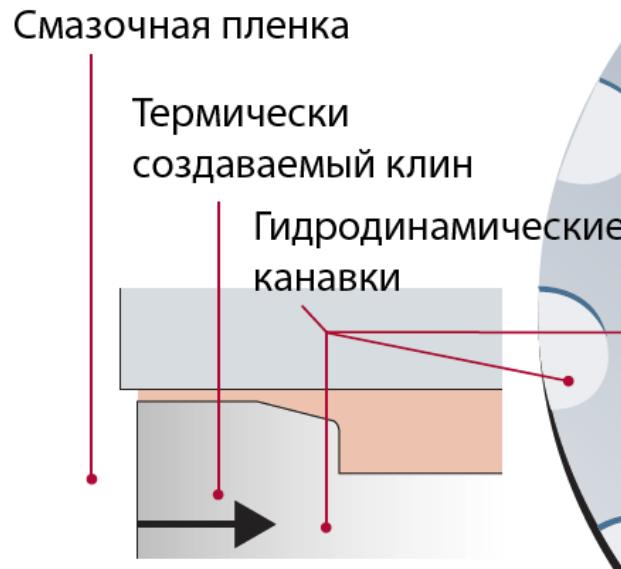


Рисунок 15- гидродинамические канавки на кольце уплотнения

Канавки на поверхности уплотнения смещают зону испарения ближе к атмосферной стороне уплотнения. За каждой последующей канавкой создается область повышенного давления. Такая конструкция позволяет перекачиваемой жидкости легко проникнуть в зазор уплотнения; область герметичности сохранится на атмосферной стороне уплотнения.

Более эффективный способ повышения гидродинамического давления состоит в механической нарезке небольших желобков на поверхности уплотнения с созданием клина в направлении зазора уплотнения. Эта конструкция представлена в технологии изготовления вращающегося кольца пары трения[32].

Таблица 5 – Технические характеристики торцового уплотнения

Характеристика	Значение
Диаметр вала , мм	95
Диаметр внутренней части вращающегося кольца, мм	98
Диметр наружней части вращающегося кольца, мм	120
Толщина стационарного кольца, мм	14
Глубина кармана под штифт , мм	5
Наименование уплотняемой среды	углеводороды

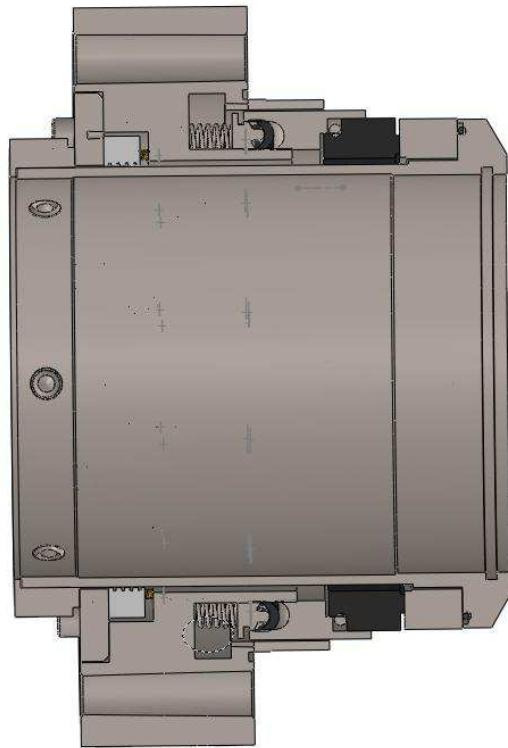


Рисунок 16- Кольцо пары трения в составе торцевого уплотнения

Ниже представлено вращающееся кольцо пары трения без выполнения на поверхности контакта гидродинамических желобков.

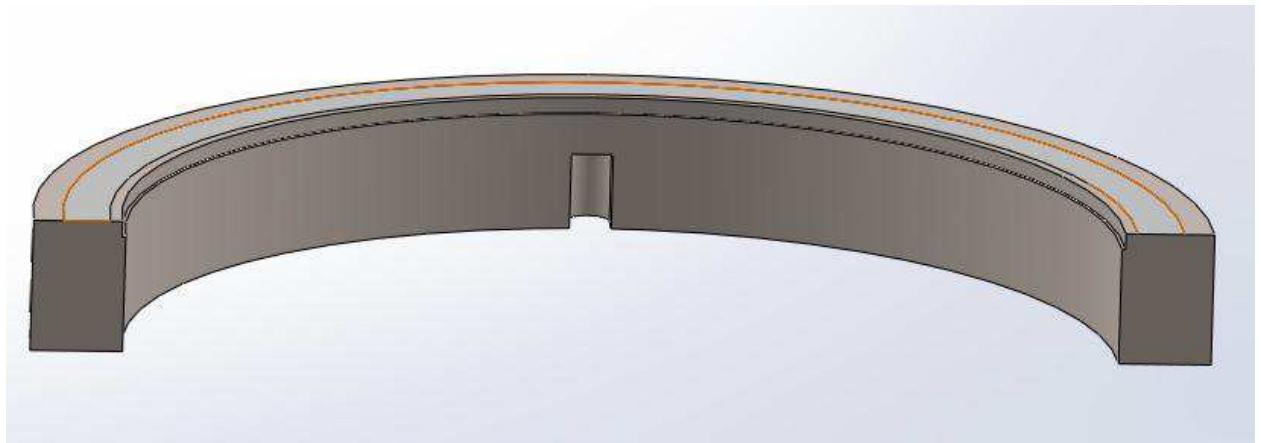


Рисунок 17- Вращающееся кольцо пары трения

Технология изготовления вращающегося кольца герметизирующего узла вала производится в следующей последовательности.

1. Изготовление специальной пресс формы с припуском 0,5мм, выдерживая размеры $\phi 121$; $\phi 99$; R2; 2

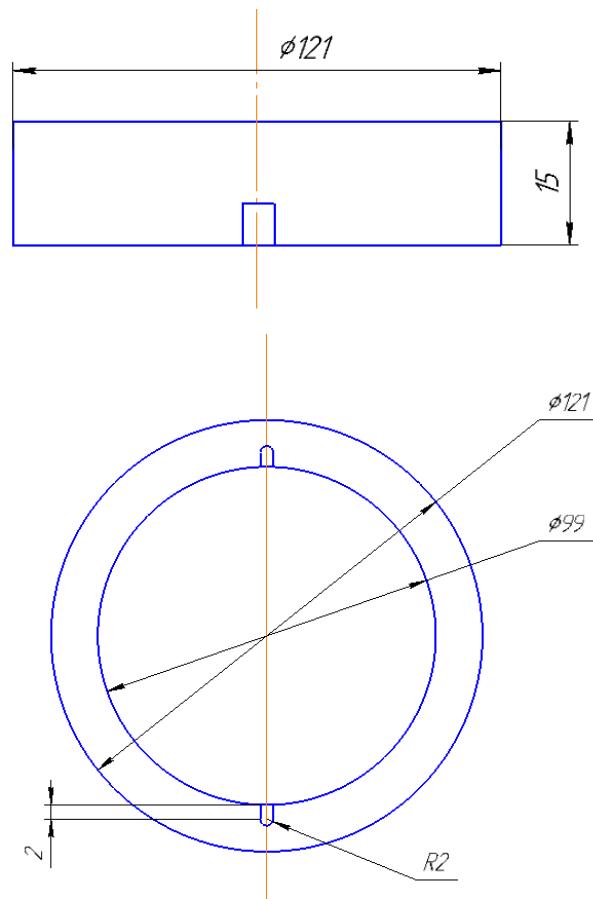


Рисунок 18- Матрица для прессования

2. Приготовление порошка и прессование в матрице с помощью пуансона
3. Прессование порошка в течении 1 часа, выдерживая размеры $\phi 121$; $\phi 99$; R2; 2

4. Спекание в течении 5,6 часов при температуре 1300-1400°C

5. Шлифование выдерживая размер $\phi 120$

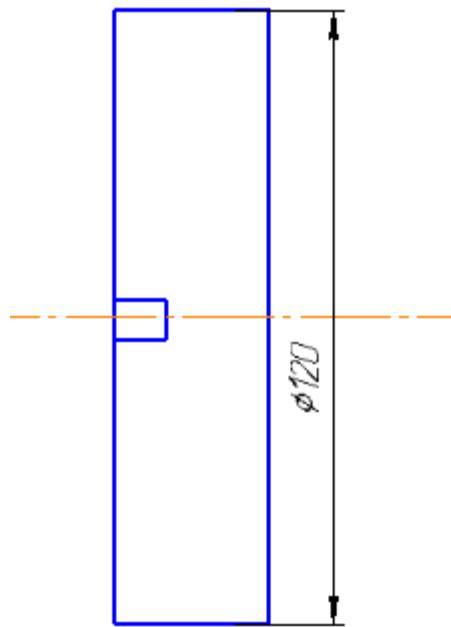


Рисунок 19- Шлифование

6.Шлифование выдерживая размер $\phi 98$

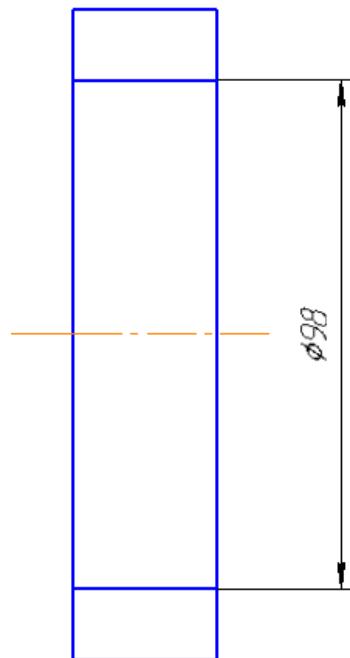


Рисунок 20- Шлифование

7.Шлифование канавки под дополнительное уплонительное кольцо, выдерживая размер $\varnothing 100$; 2

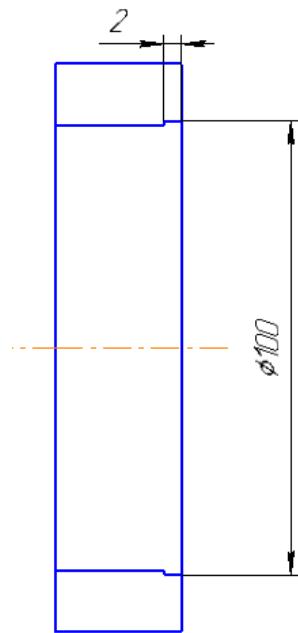


Рисунок 21- Шлифование канавки

8.Шлифование выдерживая размер 14

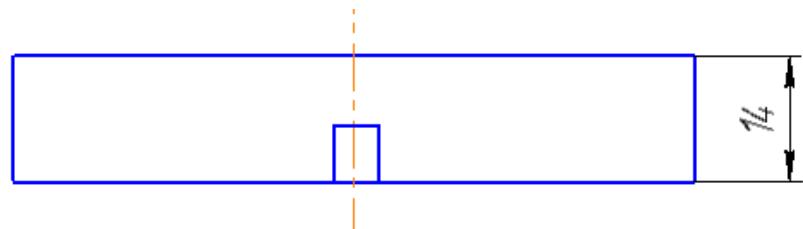


Рисунок 22- Шлифование

9.Сверление паза под штифт выдерживая размер 5; $\varnothing 2$

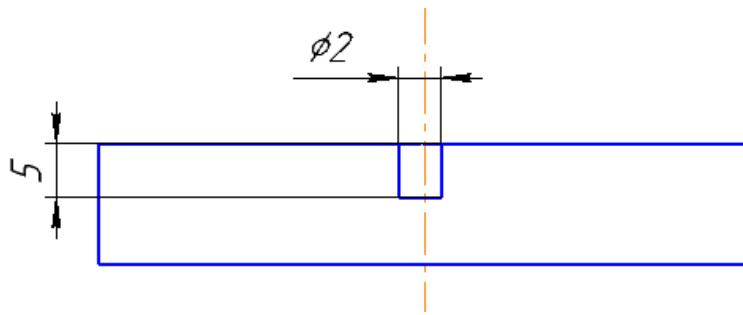


Рисунок 23- Сверление паза под штифт

10.Шлифование лабиринтных желобков выдерживая размер 4;4 с последующим наполнением пор МДО-слоем полимерным материалом поли-пара-ксилиленом- ароматическим полимером, который формируется в виде тонкопленочного высокоадгезионного покрытия толщиной от 10 нм до 100 мкм на поверхности субстратов различной природы. МДО слои используются для защиты от схватывания и заедания при трении, диспергирования и выкрашивания, коррозии (фреттинг-коррозии, контактной коррозии и большинства других видов), эрозионного, кавитационного, окислительного, коррозионно-механического, водородного и других видов износа, для создания теплозащитных, гигроскопических и других комплексов свойств рабочей поверхности.

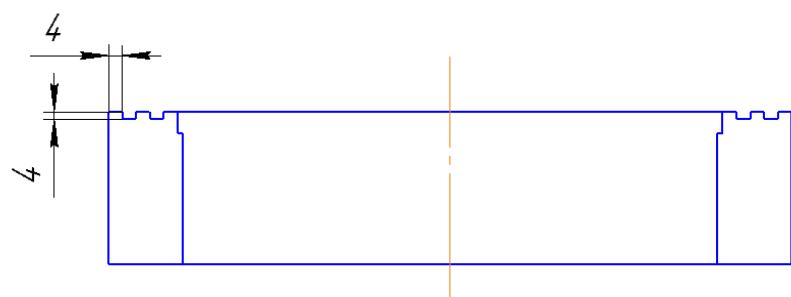


Рисунок 24- Шлифование

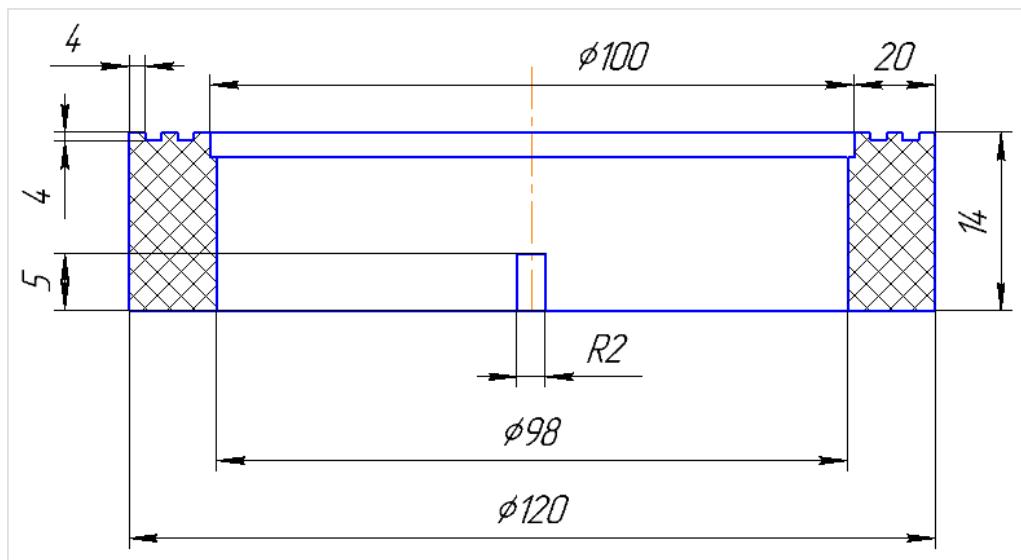


Рисунок 25- Вращающееся кольцо пары трения с гидродинамическими желобками

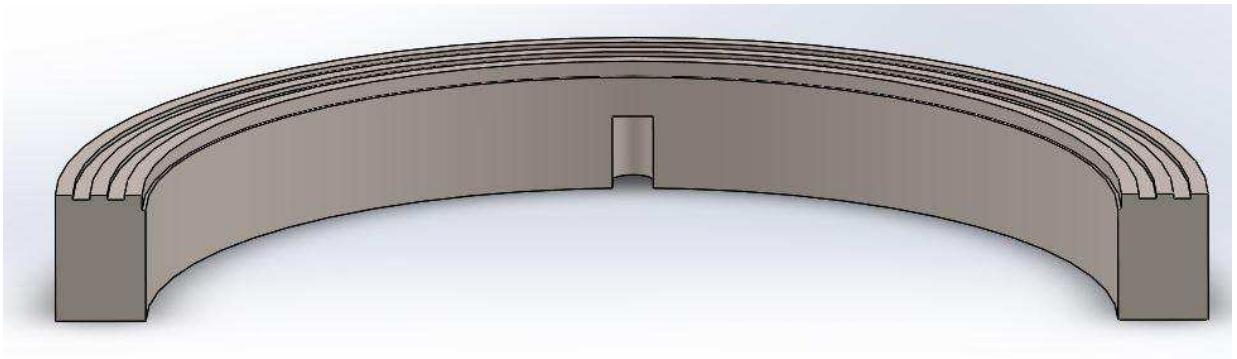


Рисунок 26- Вращающееся кольцо пары трения с гидродинамическими желобками

5.1 Заключение по модернизации конструкции

В данной главе рассмотрена технология изготовления вращающегося кольца пары трения торцового уплотнения центробежного насоса, определена последовательность операций, учтены все необходимые размеры и выполнены гидродинамические желобки с последующим заполнением МДО слоями полипара-ксилиленом. В результате чего пара трения приобрела более высокую стойкость к коррозионному, адгезионному, абразивному изнашиванию, значительно снизился коэффициент трения, за счет того, что полимерный материал относится к разряду антифрикционных. Выполнение гидродинамических желобков на площади контакта позволило повысить герметичность узла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассмотрены общие сведения об уплотнении, устройство конструкция и принцип действия, проведен патентно-информационный обзор. Были рассмотрены причины отказов уплотнений и проведен анализ их причин, материалы пары трения, коэффициент, также были выявлены наиболее перспективные материалы вспомогательных уплотнительных колец и прижимных пружин. Были разработаны последовательность ремонта, замечания и порядок эксплуатации.

На основе приведенного анализа было вынесено обоснование выбора материала и предложения по повышению характеристик надежности торцевых уплотнений, учитывая опыт эксплуатации, повреждений и их причин была предложена модернизация конструкции торцового уплотнения. Нововведение заключается в выполнении на контактной поверхности вращающегося кольца пары трения гидродинамических желобков, превосходно препятствуют утечке, обеспечивают необходимую смазочную пленку, а главное повышают надежность, долговечность и герметизирующие свойства уплотнения.

Таким образом, данный вид уплотнения обладает рядом положительных качеств. Наиболее важные такие как повышенная надежность использования, ремонтопригодность, целесообразность и рентабельность использования и по сравнению с другими видами уплотнений. Торцовое уплотнение как и любое промышленное оборудование, требуют соблюдение необходимых условий эксплуатации и четкое следование всем предписаниям завода изготовителя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Торцовое механическое уплотнение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/свободный>. – Загл. с экрана.
2. Механические торцовые уплотнения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://nasos-pump.ru/mekhanicheskie-torcevyе-uplotneniya/>, свободный. – Загл. с экрана.
3. Торцевые уплотнения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://sealing.su/sealing/torcovye_uplotneniya/, свободный. – Загл. с экрана.
4. Торцевые уплотнения в насосах - теория работы, типы, конструкции, технологии[Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://tdtechmash.ru/stati/tortsevyе-uplotneniya-v-nasosah-teoriya-raboty-tipy-konstruktsii-tehnologii.html>, свободный. – Загл. с экрана.
5. Торцевые (механические) уплотнения для насосов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://zenova.ru/articles/torcevyje-mehanicheskije-uplotnenija-dlya-nasosov>, свободный. – Загл. с экрана.
6. Пат. US2012112417, F16J15/38, F16J15/34. Axial face seal assembly / Johanna Johansson, Johan Fondelius; заявитель и патенто- обладатель Itt Manufacturing Enterprises, Inc; заявл. 5 май 2010 ; опубл. 11.05.2009,– 3 с.
7. Пат WO2009113942 A1, F04D29/12, F16J15/34. AXIAL FACE SEAL ASSEMBLY, MOUNTING METHOD AND MOUNTING FIXTURE/ Sivert Eriksson; заявитель и патенто- обладатель Itt Manufacturing Enterprises, Inc.; заявл. 12.03.2009; опубл. 17.09.2009,– 2 с.
8. Пат. US20020125648 A1, F16J15/36, F16J15/34. Ready-to -mount axial face seal / Per Vedsted, Helge Grann, Carsten Pedersen; заявитель и патенто- обладатель Grundfos A/S.; заявл. 27.02.2002; опубл. 12.09.2002,– 2 с.
9. Пат. 2260728, F16J15/34. Торцовое уплотнение / Стрелец Владимир Николаевич ; заявитель и патенто- обладатель Украинский государственный

университет водного хозяйства и природопользования (UA),ОАО "Укртранснафта" (UA); заявл. 16.06.2003; опубл. 20.09.2005,– 3 с.

10. Пат. 2260729, F16J15/34. Торцовое уплотнение / Стрелец Владимир Николаевич (UA),Похильчук Игорь Александрович (UA),Василюк Владимир Михайлович (UA),Крицын Сергей Иванович (UA); заявитель и патенто-обладатель Украинский государственный университет водного хозяйства и природопользования (UA),ОАО "Укртранснафта" (UA); заявл. 20.01.2005опубл. 20.09.2005,– 3 с.

11. Пат. 2260730, F16J15/34. Торцовое уплотнение/ Стрелец Владимир Николаевич (UA), Похильчук Игорь Александрович (UA); заявитель и патенто-обладатель Украинский государственный университет водного хозяйства и природопользования (UA),ОАО "Укртранснафта" (UA); заявл. 14.10.2003опубл. 20.09.2005,– 3 с.

12. Пат. 2260729, F16J15/34. ТОРЦОВОЕ УПЛОТНЕНИЕ/ Стрелец Владимир Николаевич (UA), Похильчук Игорь Александрович (UA), Стрелец Олег Романович (UA)заявитель и патенто- обладатель Национальный университет водного хозяйства и природопользования (UA)); заявл. 18.11.2004опубл. 27.11.2006,– 3 с.

13. Трение в торцовом уплотнении [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://mash-xxl.info/info/626242/>, свободный. – Загл. с экрана.

14. Инженерный расчет торцевого уплотнения[Электронный ресурс]. – Режим доступа [http://www.hightexpert.ru/methods/mechanical_seal_pump.html/](http://www.hightexpert.ru/methods/mechanical_seal_pump.html), свободный. – Загл. с экрана.

15. Торцевыеуплотнения валанасосов Grundfos [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.studfiles.ru/preview/1853937/page:8//>, свободный. – Загл. с экрана.

16.Торцевые уплотнения[Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://nasos-skno.com/tortsevye-uplotneniya.html>, свободный. – Загл. с экрана.

17. Руководящий документ. Узлы трения химического оборудования. В выбор материалов.[Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/1200065029>, свободный. – Загл. с экрана.

18. Причины выхода из строя торцевых уплотнений[Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.seals.hightexpert.ru/publications/ms_failures_some_reasons.html, свободный. – Загл. с экрана.

19. Причины выхода из строя торцевых уплотнений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.seals.hightexpert.ru/publications/ms_failures_some_reasons.html свободный. – Загл. с экрана.

20 Уплотнения: сделайте правильный выбор [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.fluidbusiness.ru/usefull/articles/yplotneniya-sdelaite-pravolnyi-vybor/>, свободный. – Загл. с экрана.

21 Торцевые уплотнения. Общее представление и типичные поломки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://promnasos.com/news/tortsevyey-uplotneniya-obshchee-predstavlenie-i-tipichnye-polomki> свободный. – Загл. с экрана.

22. Материалы для торцевых уплотнений[Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.seals.hightexpert.ru/materials.html> свободный. – Загл. с экрана.

23. Торцевые (механические) уплотнения для насосов [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.tehbez.ru/PressRelease/PressReleaseShow.asp?id=585481>, свободный. – Загл. с экрана.

24. Торцевые уплотнения валов насосов Grundfos [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.studfiles.ru/preview/1853937/page:8/>, свободный. – Загл. с экрана.

25. Материалы уплотнений [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://quers.ru/materialy-uplotnenii-obnovlenie-opisanii>

26. Материалы уплотнений [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.skf.com/ru/products/bearings-units-housings/super-precision-bearings/principles/bearing-specifics/materials/seal-materials/index.html>, свободный. – Загл. с экрана.

27. Эксплуатация уплотнений [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://sfera-rus.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

28. Торцовые уплотнения [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://promnasos.com/news/tortsevyе-uplotneniya-obshchее-predstavlenie-i-tipichnye-polomki/>, свободный. – Загл. с экрана.

29. Причины неисправностей и методы их устранений [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.anod.ru/article/?id_article=409, свободный. – Загл. с экрана.

30. Эксплуатация торцовых уплотнений [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://sfera-rus.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.

31. Неисправности торцовых уплотнений [Электронный ресурс]. – Режим доступа

http://pikabu.ru/story/nekotoryie_vidyi_neispravnostey_i_vozmozhnyie_prichiny_ikh_poyavleniya_4094431 свободный. – Загл. с экрана.

32. Трибология – наука о трении, износе и смазке поверхностей [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://ru.grundfos.com/> свободный. – Загл. с экрана.

33. Торцевые уплотнения в насосах [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://tdtechmash.ru/stati/tortsevyе-uplotneniya-v-nasosah-teoriya-raboty-tipy-konstruktsii-tehnologii.html>, свободный. – Загл. с экрана.

34. Ремонт Механического Уплотнения [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://venta-service.com/node/11>, свободный. – Загл. с экрана.

35. СТО 4.2–07–2014 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Введ. 09.01.2014. – Красноярск : ИПК СФУ, 2014. – 60 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Руководство по эксплуатации и выбору торцовых уплотнений

Работоспособность уплотнения, его эффективность определяются степенью утечки перекачиваемой жидкости в стыке уплотнительных колец. Герметичность уплотнения определяется несколькими факторами: величиной статического зазора между этими кольцами, геометрией колец, вибрацией, режимом эксплуатации, внешними силами раскрывающим кольца, правильностью монтажа, свойствами уплотняемой среды. Далее приведены некоторые рекомендации по правильной эксплуатации, монтажу, замене и хранению механических уплотнений.

Правильный выбор механического уплотнения состоит из трех шагов: изначальная конструкция, запуск системы/оборудования, и текущая оценка.

Стоимость и время разработки для получения необходимого механического уплотнения часто берется из критических соображений. Хотя цена, режимы работы и принятие решения о покупке являются важными факторами любой конструкции, процесс выбора уплотнения не должен останавливаться на этом. Также следует рассмотреть работоспособность.

Кроме цены и режима работы, необходимо пересмотреть условия процесса. В большинстве случаев, выход механического уплотнения из строя вызван пылью, частицами и другими загрязнениями, или из-за плохого отвода тепла, от недостаточного охлаждения, промывки или заливки уплотнения.

Также необходимо уточнить вопросы совместимости материалов, так как технологическая жидкость обычно является смазкой поверхностей механического уплотнения. Металлический материал корпуса уплотнения, прокладки и поверхности уплотнения должны быть совместимы с технологической жидкостью. Примером несовместимости является использование "Витона", распространенного материала прокладки уплотнения, в процессах с парообразными или легкими растворами щелочей. Прокладка из

"Витона" может разбухнуть и быстро прийти в негодность из-за несовместимости материала.

Обычный износ и разрыв происходит из-за того, что одна поверхность уплотнения является неподвижной, в то время, как другая вращается вместе с валом. Как правило, обе поверхности уплотнения делаются из различных материалов, для предотвращения адгезии (схватывание при трении).

В связи с этим правильный выбор торцевого уплотнения может быть сделан только, когда имеется полная информация об условиях эксплуатации.

1. Жидкость
2. Давление
3. Температура
4. Характеристики жидкости
5. Надёжность и нормы выброса

Жидкость

В первую очередь должна быть определена рабочая жидкость. Металлические детали должны быть коррозионно-устойчивы, как правило, это стали, бронзы, нержавеющие стали или Hastelloy. Сопрягаемые поверхности также должны противостоять коррозии и износу. Например углерод, керамика, карбид кремния или карбид вольфрама. Стационарные элементы уплотнения Buna, EPR, Viton and Teflon являются наиболее часто используемыми.

Давление

Собственно тип уплотнения, сбалансированное или несбалансированное, основывается на давлении уплотнения и габаритах уплотнения.

Температура.

В частности, определяет использование деталей уплотнения.

Материалы должны быть выбраны в соответствии с температурой жидкости.

Характеристики жидкости

Абразивные жидкости вызывают чрезмерный износ и сокращают срок службы уплотнения. Двойные уплотнения или система промывочной жидкости от внешнего источника позволяют использовать торцевые уплотнения на этих трудных жидкостях. При перекачивании лёгких углеводородов сбалансированные уплотнения часто используются с целью увеличения срока службы уплотнения, хотя давление и низкое.

Абразивные включения возникают в следствии вымывания частиц металла и окалины, отслоившихся после сварки трубопровода, возникновения выделений из затворной жидкости, вызванного термическим, механическим, химическим воздействиями, процессов коррозии, заправки бачка неочищенной смазочной жидкостью, частичного разрушения антифрикционных колец и элементов конструкции.

Надёжность и нормы выброса

Выбранный тип уплотнения и его конструкция должны отвечать желаемой надёжности и стандартам выброса. Двойное уплотнение и уплотнение с двойным газовым барьером являются предпочтительными.

Руководство по эксплуатации сводится к следующему.

На механических уплотнениях допуски гораздо жестче, чем на набивке, что делает их более восприимчивыми к повреждениям во время транспортировки. После получения тщательно проверьте уплотнение на наличие повреждений. Неправильная установка механического уплотнения является распространенной проблемой из-за малых допусков. После первоначального осмотра при распаковке, аккуратно следуйте инструкции по установке.

Подготовьтесь к запуску путем устранения любых возможных источников вибрации трубопровода, деформаций и несоосности оборудования. Сведите к минимуму возможность работы на сухую. Любые из этих условий быстро сократят срок службы механических уплотнений.

Успешный запуск требует правильной заливки, вентиляции и смазки вращающегося оборудования и уплотнения. Во время ежедневной эксплуатации в таких параметрах процесса, как подача, давление, скорость и крутящий момент, могут возникать колебания. Учитывая расчетные характеристики механического уплотнения и точку наилучшей эффективности вращающегося оборудования, эти отклоняющиеся от нормы режимы работы могут привести к поломке. Если это произойдет, необходимо взглянуть на причину проблемы, а не только на симптомы выхода из строя уплотнения. Например, подтекание уплотнения (симптом) может являться результатом того, что вал изогнулся из-за непрерывных гидроударов (основная причина проблемы). Для предотвращения будущих поломок следует при необходимости консультироваться с заводом изготовителем механических уплотнений.

Подготовительные работы

Перед монтажом необходимо произвести проверку параметров оборудования (насоса) в месте установки уплотнения.

Если перекачиваемая жидкость является токсичной либо опасной для окружающей среды, следует предпринять соответствующие меры предосторожности для предотвращения какой-либо утечки.

Очистить камеру сальника, вал (защитную втулку), а также гнездо под стационарное кольцо в крышке.

Произвести замер диаметра отверстия камеры сальника, а также диаметра вала (втулки) и полученные данные сравнить с таблицей установочных размеров уплотнения.

На валу (втулке вала), в гнезде стационарного кольца не должно быть никаких царапин и острых граней в местах крепления и работы эластичных элементов (т.е. уплотнительных колец „O"- и „L"-образных).

Необходимо также округлить все острые края, через которые во время установки происходит перемещение уплотнения (O-링г, клиновидное кольцо и т.п.)

Монтаж уплотнения

Уплотнение должно быть установлено на соответствующей ему рабочей длине. Несоблюдение этого размера может привести к тому, что уплотнение будет допускать утечку, либо подвергнется быстрому износу. Необходимо помнить о том, что в справочной информации к уплотнению всегда указывается рабочая длина вращающейся части – т.е. в сжатом состоянии.

Правильную рабочую позицию уплотнения следует устанавливать согласно ниже следующей процедуры: очистить гнездо под стационарное кольцо.

Убедиться, имеется ли в гнезде уплотнения палец (фиксирующий выступ), фиксирующий стационарное кольцо (только в случае, если используется такой тип кольца).

Вложить стационарное кольцо вместе с уплотнительным кольцом в гнездо крышки. Проверить, правильно ли оно посажено (на нужной ли глубине, и нет ли перекоса).

Произвести замер расстояния от поверхности трения стационарного кольца до поверхности стыка крышки с торцом сальника. Отыскать в таблице установочный размер для данного вида уплотнения.

Имея вал в рабочей позиции, обозначить на нем поверхность торца сальника, а затем нанести знак, в каком месте должна быть установлена задняя часть уплотнения.

Очистить вал (или защитную втулку), слегка смочить водой вал и внутреннюю поверхность О-кольца.

Очень осторожно наложить вращающуюся часть уплотнения на вал (или на защитную втулку вала), установить в правильной позиции, а также подтянуть винты крепления.

Необходимо обратить внимание на то, чтобы не повредить О-ринги во время передвижения уплотнения по ступенчатому валу (острые края).

Перед установкой крышки проверить, не произошло ли во время монтажа повреждение скользящих поверхностей стационарного кольца и вращающегося кольца.

Наложить крышку со стационарным кольцом и закрепить ее, осторожно и равномерно подкручивая крепящие винты. Крышка после закрепления должна обеспечить перпендикулярность поверхностей трения стационарного кольца к оси вала насоса.

Перед запуском устройства

Убедиться, равномерно ли затянуты гайки крышки – в соответствии с крутящим моментом, указанным в инструкции по обслуживанию устройства.

Закончить монтаж устройства и провернуть вручную вал (насколько это возможно), чтобы убедиться проворачивается ли он свободно.

Проверить центровку вала оборудования и привода (допустимое максимальное отклонение 0,08 мм).

Проверить согласно инструкции к данному устройству, правильно ли оно подключено к основной установке, а также правильность подключения всех вспомогательных систем (системы промывки, нагрева или охлаждения корпуса).

Перед каждым запуском устройства следует убедиться, заполнена ли жидкостью камера сальника.

Недопустим запуск насоса, даже на очень короткое время, при работающем всухую уплотнении, например при проверке направления вращения привода после подсоединения электропитания.

Всегда производить обезвоздушивание сальника (если оно не происходит автоматически).

Проверку того, полна ли жидкости камера сальника, а также проходимости всех ее системных каналов следует производить перед каждым запуском насоса (а не только после установки уплотнения).

Демонтаж уплотнения

Убедиться, что оборудование отсоединено от электросети, а также от технологической сети, о чем свидетельствует соответствующее положение клапанов.

Если оборудование употреблялось для перекачки токсичных или опасных для здоровья и окружающей среды жидкостей, необходимо убедиться, было ли оно соответствующим образом нейтрализовано (приведено в безопасное состояние для обслуживающего персонала и окружающей среды). Необходимо помнить, что перекачиваемая жидкость часто задерживается в различных карманах полостей и может быть в камере уплотнения.

Следует проверить в инструкции по эксплуатации оборудования, нет ли там рекомендации производителя относительно применения специальных мер предосторожности.

Убедиться, удалена ли жидкость из сальника и уравновешено ли давление с давлением атмосферным.

Произвести демонтаж уплотнения в обратном порядке по отношению к монтажу.

Уплотнение после демонтажа должно всегда подвергаться осмотру и контролю. Рекомендуется, чтобы сервис бывших в употреблении уплотнений производился у производителя, с целью проведения специального

Замечания по эксплуатации

Во время работы необходимо периодически производить проверку уплотнения. Мерой соответствующего состояния уплотнения является степень утечки. Если количество утечки неудовлетворительно, то такое уплотнение необходимо заменить новым. Как уже было сказано выше, зазор между вращающимся и неподвижным кольцами уплотнения составляет меньше микрона. В этом зазоре образуется тонкая пленка перекачиваемой жидкости, которая уменьшает трение. При увеличении зазора вырастает толщина смазывающей пленки, что приводит к уменьшению трения и соответственно к увеличению срока службы уплотнения. В любом случае присутствие

смазывающей пленки между двумя кольцами уплотнения приводит к некоторому количеству утечек рабочей жидкости наружу. При условии параллельности поверхности пары трения наблюдается зависимость объема утечек от величины зазора, возведенной в третью степень. Формулу расчета утечек в данной статье мы приводить не будем, но на практике они могут составить от 0,01 до 30 мл/час при условии исправности уплотнений. Большой объем утечек говорит о некорректно подобранных или неправильно установленных уплотнениях.

Объем утечек зависит также от следующих обстоятельств:

наличие загрязнений на поверхности уплотнений;

шероховатость поверхности уплотнений;

наличие радиальных и осевых биений вала рабочего колеса;

температура перекачиваемой среды;

вязкость перекачиваемой среды;

скорость вращения вала;

давление в корпусе насоса;

правильность установки уплотнения.

Проверять правильность работы вспомогательных приспособлений уплотнения (рециркуляция, затворная жидкость, полоскание).

Работа уплотнения при неисправных вспомогательных приспособлениях уплотнения недопустима.

Уплотнения, в состав которых входят элементы, изготовленные из керамики, следует оберегать от резких перепадов температуры (термический шок).

Химический состав перекачиваемой жидкости и ее температура не могут превышать пределов химической и термической устойчивости материалов, из которых выполнены элементы уплотнения.

Ниже приведены обобщенные требования, необходимые для правильной работы торцевых уплотнений.

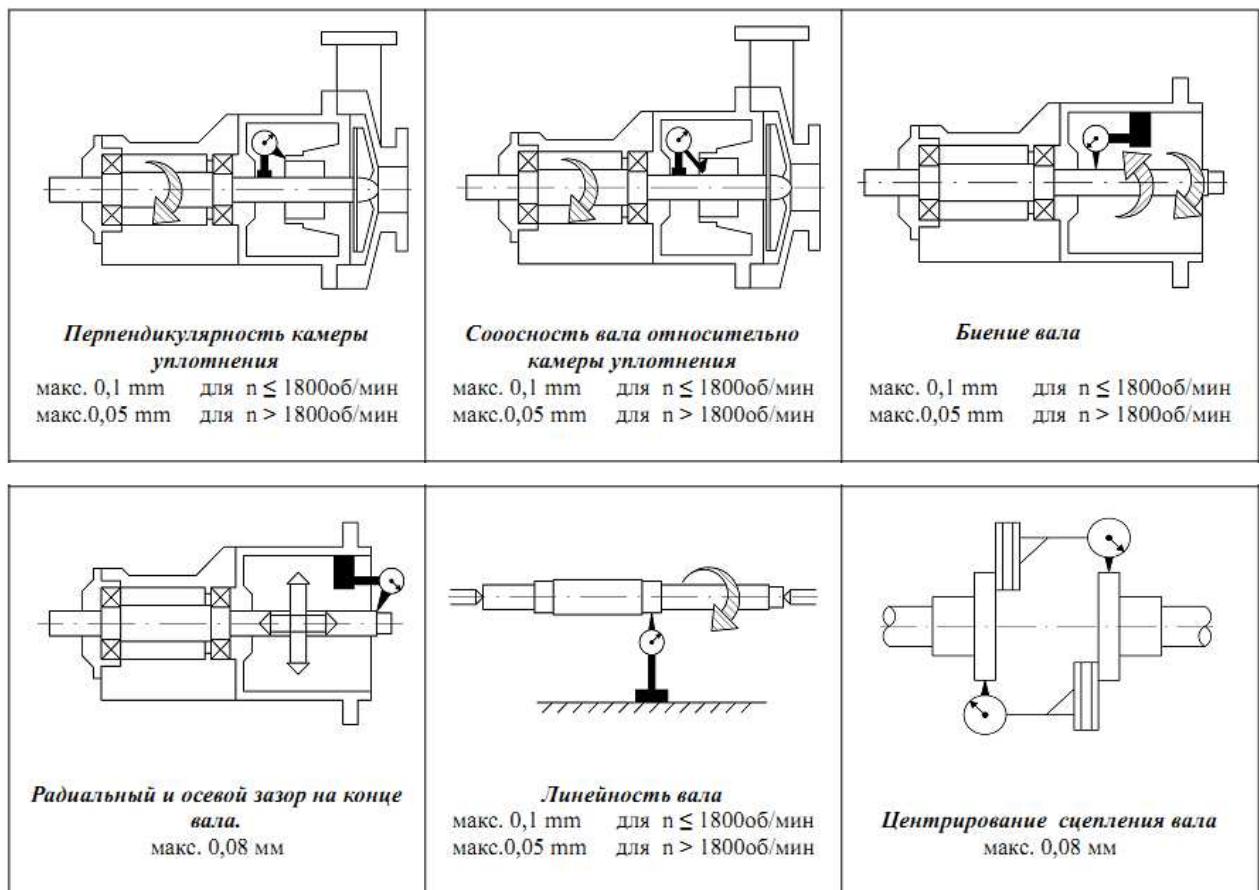


Рисунок 27- Требования необходимые для обеспечения правильной работы уплотнения.

Особое внимание также нужно уделить насосному оборудованию после длительного его простоя. В процессе хранения насос находится без перекачиваемой среды. Тонкая пленка, смазывающая трещущиеся части уплотнения в процессе хранения испаряется. Происходит залипание двух трещущихся частей уплотнения. Поэтому перед повторным использованием насоса после длительного хранения, когда насосная часть заполнена жидкостью, необходимо провернуть вал насоса, используя крыльчатку вентилятора. Если вал вращается легко, значит с уплотнением все нормально. Если вал вращается затруднительно, с легким подпружиниванием, то высока вероятность того, что уплотнения спаялись за время хранения. Для устранения

этого дефекта, если части уплотнения не разъединились через время, нужно разобрать насосную часть и разъединить две части уплотнения. Проводить эту процедуру ремонта лучше всего в специализированном сервисном центре. На срок службы торцевых уплотнений очень сильно влияет и качество перекачиваемой жидкости наличие в ней абразивных материалов. Все это очень сильно может сократить срок службы и эксплуатации торцевых уплотнений.

Хранение и транспортировка

Уплотнения должны перевозиться и храниться в оригинальных закрытых упаковках.

Место хранения должно быть сухим, без пыли и грязи, а также иметь постоянную температуру и периодически проветриваться.

Уплотнения необходимо защищать от воздействия ультрафиолетовых лучей и от непосредственного нагрева.

По истечении 36 месяцев складирования необходимо произвести технический осмотр уплотнения, в особенности эластомеров, и в случае надобности произвести их замену[33].

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Ремонт уплотнения

Ремонт торцовых уплотнений производят поагрегатным способом. С целью уменьшения простоев оборудования и обеспечения равномерной загрузки ремонтной базы необходим сменный фонд торцовых уплотнений. Наличие запасных торцовых уплотнений значительно сокращает простой аппаратов из-за отказов торцовых уплотнений. Ремонт торцовых уплотнений целесообразно производить на специализированном участке.

Ремонт торцовых уплотнений должен производиться квалифицированными слесарями-механиками, имеющими опыт локальных работ и прошедшиими специальную подготовку по торцевым уплотнениям. Для изучения особенностей технологии изготовления торцовых уплотнений полезно командировать мастера участка (бригадира слесарей) и одного-двух слесарей на завод-изготовитель. Опыт показывает, что даже кратковременное пребывание ремонтников на заводе-изготовителе значительно повышает их квалификацию.

Разборка-сборка торцовых уплотнений проводится квалифицированными рабочими, имеющими опыт ремонта сложных машин. Это связано с тем, что ремонт торцовых уплотнений является ответственной операцией. Детали торцевого уплотнения требуют бережного обращения. Перед сборкой они должны быть тщательно очищены и промыты в керосине.

Ремонт торцовых уплотнений должен производиться в изолированном помещении с принудительной вентиляцией.

Ремонт торцовых уплотнений заключается в замене быстроизнашивающихся деталей колец пар трения, резиновых колец, сильфонов, прокладок, пружин .

Разберем порядок ремонта торцевого уплотнения.

В общем случае ремонт включает разборку, очистку деталей уплотнения от наслоений и отложений, замену изношенных деталей, сборку, проверку на герметичность.

Разборка уплотнения.

При поступлении уплотнения происходит его разборка, которой уделяется большое внимание. Наша задача максимально аккуратно разобрать уплотнение чтобы не повредить детали пригодные для дальнейшего использования. Для этого необходимо знать конструкционные особенности данного уплотнения.

При демонтаже уплотнений необходимо промыть смазочную систему и систему охлаждения жидкостью, растворяющей осадки смазочной жидкости и воды.

Инспектирование.

После того как уплотнение полностью разобрано проводится его инспектирование. Инспектирование заключается в визуальном осмотре уплотнения, а также производятся замеры износа и соответствие его допускам. По результатам инспектирования составляется отчёт и определяется целесообразность ремонта уплотнения. Отчёт отправляется на рассмотрение заказчику.

Заказ запасных частей и ремкомплектов.

После того как заказчик даст согласие на ремонт мы производим заказ всех заменяемых деталей и ремкомплектов. Материалы, применяемые при изготовлении, модернизации и ремонте торцовых уплотнений, должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов и технических условий. В качестве запасных частей могут быть заказаны кольца пар трения из различных антифрикционных материалов, пружины из пружинной нержавеющей проволоки, вторичные уплотнения из различных резиновых смесей и фторопласта, отдельные элементы конструкции торцевого

уплотнения (обоймы, распорные втулки, нажимные шайбы, корпусные детали) из конструкционных сталей, в том числе нержавеющих.

Отмывка деталей

Все детали пригодные для дальнейшей эксплуатации проходят отмывку. Для удаления смазочных материалов, следов продукта и других загрязнений мы применяем биомойку, которая представляет собой экологически чистую мойку с замкнутым циклом работы, благодаря процессу биорегенерации. В мойке не используются растворители, что позволяет сохранить пластиковые и резиновые изделия без повреждений. Вместо растворителей используется спец.раствор на основе микроорганизмов перерабатывающих жиры и масла.

Если детали сильно загрязнены (закоксовавшийся продукт, следы нагара, накипь), то используем ультразвуковую мойку. В ультразвуковой мойке очистка происходит под действием щелочного раствора разогретого до 70-80°C и ультразвука.

После промывки системы продуть азотом и смазочную систему законсервировать.

Пескоструйная обработка.

Металлические детали имеющие следы перегрева, шероховатости, коррозионно-эрэзионный износ, следы химической агрессии проходят пескоструйную обработку в специальной камере где очистка происходит под действием смеси из сжатого воздуха и абразивного порошка.

Шлифовка посадочных поверхностей.

Все места установки вторичных уплотняющих колец после пескоструйной обработки подвергаются шлифовке для обеспечения более плотного прилегания колец к уплотняемым поверхностям.

Посадочные места под резиновые кольца необходимо прошлифовать до шероховатости $Ca = 0,8$ мкм. При наличии глубоких рисок, раковин и других дефектов на поверхностях деталей в зоне контакта с резиновыми

уплотнительными кольцами детали восстановлению не подлежат и должны заменяться новыми.

При ремонте торцевых уплотнений повторная установка уплотнительных колец не рекомендуется.

Притирка уплотняющих поверхностей.

Основными видами материалов, из которых изготавливаются пары трения торцевых уплотнений, являются: графит, карбид кремния, карбид вольфрама, оксидо-аллюминевая керамика, оксид хрома на стали, стеллит или релит, ни-резист(аустенитный чугун), бронза.

Целью притирки является доведение поверхности трения торцевого уплотнения до неплоскости менее чем 2 световые линии на диаметр (0,58мкм). Притирка осуществляется на машине с пористой компазитной плитой и системой дозированной подачи рабочего абразива и смазывающей жидкости.

Полировка уплотняющих поверхностей.

После притирки на 14-микронном абразиве поверхность детали может быть совершенно плоской, но матовой из-за значительной шероховатости. Для оптического контроля качества притирки поверхность должна быть зеркальной. Поэтому после притирки деталь необходимо отполировать на ручной полировальной плате с использованием 3-микронного абразива.

Проверка плоскости деталей с оптическими стёклами.

Для проверки плоскости деталей используются оптические стёкла и монохроматический источник света. В монохроматическом свете оптическое стекло, положенное на отполированную поверхность детали, даёт интерференционную картину. Эта интерференционная картина позволяет очень точно определить плоскость детали, а также выявить любые дефекты. Оптическое стекло является плоским с точностью до 1/10 световой линии (0,029 микрона на диаметр стекла).

Сборка уплотнения.

После того как получены рем.комплекты, запасные части и подготовлены вторично используемые детали мы приступаем к сборке уплотнения. Сборка уплотнения происходит в соответствие с инструкциями завода изготовителя.

Тестирование отремонтированного уплотнения.

Каждое отремонтированное уплотнение перед отправкой заказчику проходит проверку. В специальную тестовую ячейку подаётся давление имитируя давление в сальниковой камере насоса. Различные типы уплотнений испытываются различным давлением.

Маркировка.

Если уплотнение выдерживает требуемое давление, то на него наносится маркировка с указанием наименования уплотнения, номера заказа и даты тестирования. После этого уплотнение упаковывается и отправляется заказчику.

Продолжительность эксплуатации торцовых уплотнений во многом определяется качеством ремонта и изготовления деталей вторичного уплотнения. Износ, наклеп, нарушение геометрии втулки в зоне вторичного уплотнения недопустимы. Шероховатость рабочих поверхностей втулки в этой зоне должна быть не грубее $d=0,63$ мкм. Тангенциальными риски глубиной не более 0,05 мм допускается полировать до требуемой шероховатости.

Самым выгодным ремонт является в тех случаях, когда повреждения являются небольшими и вызваны, главным образом, изнашиванием. В этом случае достаточно, как правило, очистить уплотнение, отшлифовать и отделать поверхности скольжения, заменить прокладки, кольца круглого сечения, винты и пружины.

Кольца пары трения подвергаются предварительной подготовки перед осуществлением ремонтных работ. Так как одной из основных причин выхода из строя торцового уплотнения является коррозия, то до полного удаления ржавчины детали в растворе обрабатывают не менее 10 мин, после чего их промывают в холодной воде и вновь проверяют на полноту пассивации.

Заготовки колец из силицированного графита, используемые для торцового уплотнения, при ремонтах шлифуют на обычных станках алмазсодержащим инструментом с обязательным использованием смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). Обработанную под притирку рабочую поверхность контролируют в соответствии с требованиями ремонтной документации на соответствие размеров и количество поверхностных дефектов.

При ремонте торцовых уплотнений наиболее ответственная и трудоемкая операция - притирка труящихся поверхностей.

Производится диагностика состояния рабочих поверхностей колец пары трения с последующей шлифовкой и притиркой рабочих поверхностей до нормативных значений показателей плоскости и шероховатости поверхности.

Дефектование деталей выполняют представители ремонтного предприятия (ОТК) в соответствии с требования технических условий на ремонт. При составлении дефектных актов и карт обмера определяют объем ремонтных работ ГЦН в целом. Сборочные единицы и детали, имеющие износ рабочих поверхностей более допустимого, отправляют в ремонтные цеха, где в соответствии с ованиями ремонтных чертежей производится восстановление рабочих поверхностей деталей. Если износ рабочих поверхностей значительно превышает допустимые значения и восстановить поверхности нельзя, изношенные детали изготавливают вновь или заменяют новыми. Ремонту и восстановлению не подлежат графитовые кольца торцовых узлов уплотнения и плавающие кольца гидростатических уплотнений вала, а также резиновые и медные прокладки, стопорные шайбы и пришедший в негодность крепеж (имеющий задиры, забоины, срывы более 1,5 ниток или вытягивание резьбы). Кроме того, штифты, имеющие задиры, вмятины или юное более половины допуска, ремонту не подлежат, они заменяются новыми или изготавливаются увеличенного размера с обеспечением требуемой посадки. Шайбы, прокладки,

крепеж, шпонки и штифты изготавливают в соответствии с требованиями чертежей документации на ГЦН.

Средняя трудоемкость ремонта торцового уплотнения составляет 20 нормо 1асов, причем основная часть трудоемкости относится к слесарным работам. Для производства токарных, фрезерных, шлифовальных и сварочных работ по мере необходимости привлекаются соответствующие специалисты РМЦ.

Для ремонта торцовых уплотнений необходимо следующее оборудование: токарно-винторезный станок типа 16К20; вертикально-сверлильный станок типа 2А135; настольно-сверлильный станок типа НС-12А; универсально-фрезерный станок типа 6Р82Ш; универсальный круглошлифовальный станок типа ЗМ131; шкаф сушильный типаСНОП - 3 5 - 3 5 3.5 / - М2; комплект притирочных плит; комплект приспособлений и оснастки.

На ремонтном участке установлены: моечная машина; пескоструйная установка; стенд для проверки герметичности (механических) торцовых уплотнений[34].

ПРИЛОЖЕНИЕ В

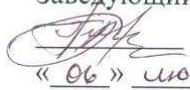
Графические материалы

- 1)АЦНС 500-1900.Общий вид (1 лист формата А3)
- 2)Спецификация к общему виду (1лист формата А4)
- 3)Торцовое уплотнение. Сборочный чертёж (1 лист формата А1)
- 4)Спецификация к сборочному чертежу (1 лист формата А4)
- 5)Вращающееся кольцо (1 лист формата А4)
- 6)Стационарное кольцо (1 лист формата А4)
- 7)Втулка (1 лист формата А4)

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт нефти и газа

Технологические машины и оборудование нефтегазового комплекса

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
 Э.А. Петровский
«06 » июня 2017 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

21.03.01 «Нефтегазовое дело»
21.03.01.07 «Эксплуатация и обслуживание технологических объектов
нефтегазового производства»

Модернизация торцового уплотнения центробежного насоса

Руководитель  к.т.н., доцент 05.06.2017 А.К. Данилов

Выпускник  05.06.2017 Р.Б.Салманов

Красноярск 2017