

отложен вследствие действия многочисленных факторов на различных стадиях жизненного цикла инновационной продукции.

Предложен кластерный подход к устранению или минимизации негативных последствий проявления отсроченных экономических рисков при реализации инвестиционных проектов по созданию инновационной продукции различного функционального назначения.

Список литературы

1. Инновационная деятельность: сборник актов законодательства / сост. В.Г. Гавриленко, М.В. Мясникович, П.Г. Никитенко. – Минск: Право и экономика, 2005. – 314 с.
2. Мясникович, М.В. Инновационная деятельность в Республике Беларусь: Теория и практика. – Минск: Право и экономика, 2004. – 178 с.
3. Гавриленко, В.Г. Правовые основы, государственной инновационной политики / В.Г. Гавриленко; под науч. ред. П.Г. Никитенко. – Минск: Право и экономика, 2006. – 400 с.
4. Интеллектуальное обеспечение инновационной деятельности промышленных предприятий: технико-экономический и методологический аспекты/ О.В. Авдейчик [и др.]; под науч. ред. В.А. Струка и Л.Н. Нехорошевой. – Минск: Право и экономика, 2007. – 524 с.
5. Монтик, О.Н. Система и методы управления инновационными проектами на предприятии / О.Н. Монтик // Новая экономика. – 2010. – № 1 (55). – С. 10 – 16.
6. Глобальная экологическая перспектива (ГЕО-4). Окружающая среда для развития. Резюме для лиц, принимающих решения. – Найроби, ПРООН, 2010. – 32 с.
7. Балащенко, С.А. Государственное управление в области охраны окружающей среды / С.А. Балащенко. – Минск, 1999. – 310 с.
8. Киотский протокол Рамочной конвенции организации Объединенных Наций об изменении климата: Протокол Организации Объединенных Наций, г. Киото, 11 дек. 1997 г. // Эталон-Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2011.
9. Венская конвенция Международного агентства по атомной энергии о гражданской ответственности за ядерный ущерб: конвенция, г. Вена 21 мая 1963 г. С поправками, Протокол, 12 сент. 1997 г. // Эталон-Беларусь [электронный ресурс] / Нац. Центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2011 г.
10. Венская конвенция об охране озонового слоя: Конвенция, г. Вена, 22 марта 1985 г. // Эталон Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2011.
11. Техногенный риск, надежность и диагностика технических систем: подходы, модели, методы / Н.А. Махмутов [и др.] // Механика машин, механизмов, материалов. – 2012. – № 3(20) – 4 (21). – С.67 – 85.
12. Струк, А.В. Трансформирование сущности понятия «отходы производства» в процессе технологического развития. Ч.1. Предпосылки образования отходов / А.В. Струк // Веснік ГрДУ імя Янкі Купалы. Сер. 6. – 2012. – № 3 (137). – С. 93 – 101.
13. Струк, А.В. Трансформирование сущности понятия «отходы производства» в процессе технологического развития. Ч.2. Отходы как параметр технологического совершенства субъекта хозяйствования / А.В. Струк // Веснік ГрДУ імя Янкі Купалы. Сер. 6. – 2012. – № 4 (41). – С. 66 – 79.
14. Об обращении с отходами: Закон Респ. Беларусь, 20 июля 2007 г., № 271-3 // [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2011.
15. Авдейчик, О.В. Региональный инновационный кластер: методология формирования и опыт функционирования / О.В. Авдейчик, В.К. Пестис, В.А. Струк; под ред. В.А. Струка. – Гродно: ГГАУ, 2009. – 392 с.

УДК 621.62.763

В. М. Голуб, М. В. Голуб

(Брестский государственный технический университет)

ОСНОВЫ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ВАЛОВ ГИДРОМАШИН

Разработана технология нанесения износостойких покрытий рабочих поверхностей колец пар трения. Приведены их трибологические характеристики, составлен нормальный ряд торцовых уплотнений водяных и нефтяных насосов.

Введение. С развитием отраслей промышленности расширяется область применения гидравлических систем, гидроприводов и гидроагрегатов. В гидравлических системах используются различные уплотнительные элементы, от работоспособности которых зависит надежность всей системы в целом.

Качественный уровень уплотнений зачастую определяет как конструкцию гидромашины, так и схему ее технологической обвязки.

Многие эффективные технологические схемы, где требуется создание высоких давлений перекачиваемой среды, не реализованы из-за отсутствия надежных уплотнений валов гидромашин и гидроаппаратов.

Результаты и обсуждение. На современных центробежных насосах герметизация выхода вала из корпуса осуществляется уплотнениями торцового типа, как наиболее эффективными.

Основными герметизирующими элементами таких уплотнений являются кольца контактные торцевой пары трения.

Торцовое уплотнение (рис. 1) рассматривается как сложная система, состоящая из корпуса 1, контактных колец 2 и 3, кольцо 2 которого связано через гильзу 4 с валом, а кольцо 3 через аксиально-подвижную втулку 5 с корпусом 1; пружин 6, для поджатия контакта; эластичных уплотнительных колец: аксиально-подвижных 7 и 8 и неподвижных 9 и 10 соединений; стояночного уплотнения 11 и др.

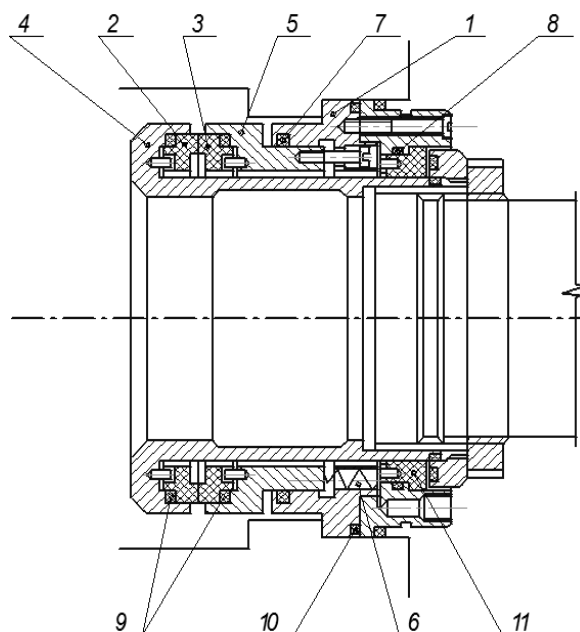


Рис. 1. Моноблочный вариант торцового уплотнения с резервным узлом защиты (пояснения в тексте)

Принцип герметизации в таком уплотнении основан на создании гидравлического сопротивления в торцовом щелевом зазоре контактного пояса пары трения, практически исключающего протечки жидкости. Гидравлическое сопротивление создается весьма малым щелевым зазором, который достигается прецизионной обработкой контактных поверхностей колец ($Ra = 0,08 - 0,16$ мкм и отклонением от плоскостности $0,6 - 0,9$ мкм).

Предъявляемые к уплотнениям вала гидромашин требования все время повышаются. Необходимо обеспечить надежную и длительную работу уплотнений при больших величинах давления уплотняемой среды (до 10,0 МПа и более), иногда с плохой смазочной способностью и даже при наличии в ней механических примесей, а также высоких скоростях вращения вала, иногда при наличии вибрации.

Как показывает отечественный и зарубежный опыт, разработки, направленные на повышение срока службы уплотнений, обычно заключаются в подборе материалов колец пар трения в зависимости от свойств уплотняемой среды. При этом, как правило, невращающееся кольцо изготавливается из мягких антифрикционных материалов. Однако указанные разработки не дают ощутимого эффекта, в особенности при уплотнении сред с плохой смазочной способностью, по ряду причин. В частности, применяемые материалы не снижают потерь энергии на преодоление сил трения в уплотнении и не снижают утечки через него.

Нередки случаи подгорания уплотнений и разрушения уплотнений, а также попадания материалов износа в перекачиваемый продукт.

Предварительные исследования показывают, что замена сальниковых уплотнений на уплотнения торцового типа дает возможность прогнозировать следующие технико-экономические показатели:

- увеличение срока службы уплотнения;
- снижение затрат на ремонт насоса, связанных с обслуживанием уплотнений;
- сокращение утечки перекачиваемой среды через уплотнения до нуля;
- сокращение затрат энергии на преодоление сил трения в уплотнениях.

В связи с этим предъявляются жесткие требования к герметичности валов насосов, и их пожаро- и взрывобезопасной эксплуатации.

Современный период эксплуатации характеризуется значительным повышением срока службы уплотнений. Однако, общая доля отказов насосного оборудования, по причине выхода из строя уплотнений, остается преобладающей в общем числе отказов. Если учесть, что при каждом отказе уплотнений насосный агрегат автоматически отключается, а иногда это требует остановки всей насосной станции с нарушением технологического режима перекачки, то актуальность проблемы повышения надежности и долговечности

уплотнений становится очевидной. Конструкции уплотнений должны постоянно совершенствоваться и разрабатываться новые с учетом изменения условий и режимов работы технологического оборудования.

Герметичность уплотнения оценивается величиной утечки уплотняемой среды через щель контактных колец пары трения. Поэтому важным является характер течения жидкости в узких микронных щелях.

Выбор конструктивных параметров торцовых уплотнений валов гидромашин, работающих с высоким давлением уплотняемой среды, определяется из условия минимального износа колец пары трения и практически нулевой утечки. Последнее может иметь место при оптимальном режиме трения контактирующих поверхностей колец, разделенных тонкой пленкой жидкости.

Величина утечки зависит от толщины разделительной пленки и перепада давления на контактной щели.

Для снижения утечки следует добиваться предельного уменьшения толщины пленки за счет приложения нагрузки на контактные кольца. Шероховатость и отклонение от плоскостности рабочих поверхностей должны составлять на порядок меньше толщины разделительной пленки. Режим трения при таких условиях оценивается как граничный. Характерным для него является то, что смазочное действие жидкости и ее течение становятся зависимым не только от вязкости, но и от ее физико-химических свойств и поверхностно-активного взаимодействия молекул с твердым телом, ее способности адсорбироваться на трущихся поверхностях, образуя граничную пленку, чем обеспечивается эффект практической безызносности.

Граничный режим характеризуется весьма малыми потерями на трение и практически отсутствием утечки, что является желательным к его поддержанию. При неблагоприятных условиях, с повышением нагрузки и температуры на контакте, возможно разрушение разделительной пленки с переходом к сухому режиму трения, тогда важную роль начинает играть материал колец пар трения и их способность работать без разрушения некоторое время при дефиците смазки.

Модель течения жидкости в узких щелях. В случае, когда контактирующие поверхности разделены жидкостной пленкой, решение задачи об утечке сводится к определению ее величины при ламинарном течении. Однако, количественное описание протечки вязкой жидкости через узкие щели представляет определенные трудности. Анализ показывает, что модели, основанные на использовании ньютоновской жидкости и дающие для плоской щели кубическую зависимость расхода Q от величины зазора щели h , т.е. $Q \sim h^3$, не вполне соответствуют эксперименту. Уточнения достигаются при использовании моделей неньютоновских жидкостей. Среди них имеются как модели, использующие зависимость вязкости от давления, температуры, скорости, так и модели комплексного типа, например модель тела Шведова-Бингама, в которой пристеночный слой уже не является собственно жидкостью, а обладает свойствами упругопластичной среды, скорость точек которой в пристеночном слое равна нулю.

В связи с этим в модели первого приближения вводим в рассмотрение нелинейную вязкость среды по формуле (изотермический случай):

$$\eta = \eta_0 \exp(\alpha p + f(y)), \quad -h \leq y \leq h, \quad (1)$$

где η_0 – вязкость течения макроскопического потока жидкости при нормальных условиях, $\exp(\alpha p)$ – отражает учет зависимости вязкости от уровня давления в среде, $\exp(f(y))$ – учет зависимости вязкости от поперечной координаты частицы внутри щели (рис. 2).

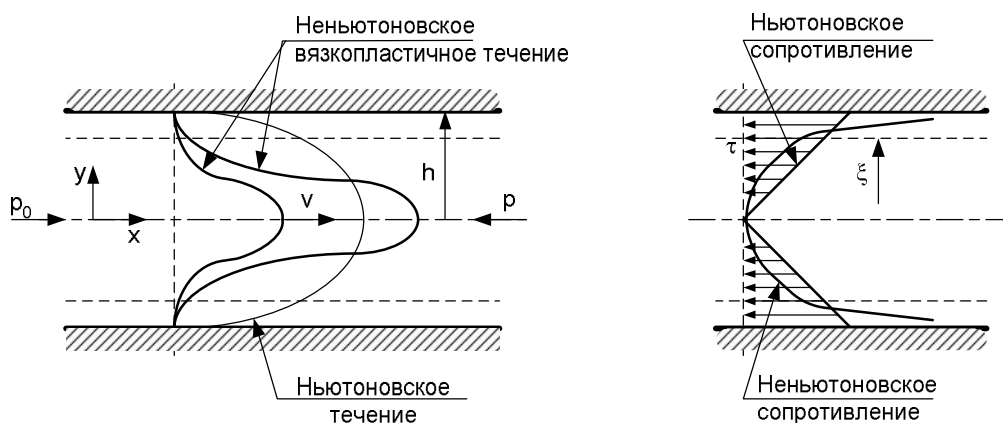


Рис. 2. Распределение скоростей и касательных напряжений по сечению потока в щели

Значения функции $f(y)$ при $y = \pm h$ должны определять вязкость течения граничных слоев жидкости, которая намного превосходит вязкость течения срединных слоев потока. При возрастании зазора щели h (большие зазоры), относительная роль пристеночных слоев падает.

Для функции $f(y)$ примем выражение вида:

$$f(y) = \gamma(\exp(-\beta \cdot h^m \cdot (\frac{h-y}{h})^m) + \exp(-\beta \cdot h^m \cdot (\frac{h+y}{h})^m)), \quad (2)$$

где γ , β , m – некоторые постоянные, подлежащие определению по данным эксперимента. Выражение (2) учитывает возможное взаимовлияние полей каждой из стенок щели. При больших зазорах влияние функции $f(y)$ в средней зоне щели становится малозначимым, что сохраняет для вязкости значение, определяемое течением жидкости в макропотоках. Из (2) получаем:

$$f(0) = \gamma \cdot 2 \exp(-\beta \cdot h^m),$$

$$f(\pm h) = \gamma \cdot (1 + \exp(-\beta \cdot h^m \cdot 2^m)).$$

Для удобства в рассмотрение введена безразмерная поперечная координата ξ по формуле $y = \xi \cdot h$. В этом случае коэффициенты γ , β , m приобретают роль некоторых структурных параметров, отражающих свойства как протекающей в канале жидкости, так и адгезионные свойства пары «стенка – жидкость». В частности, влияние шероховатости поверхности, величина выступов (неровностей) которой сравнима с размером зазора щели, также интегрально учитывается этими параметрами.

Технология изготовления колец пар трения с износостойким рабочим слоем. Состояние поверхностного слоя колец пар трения представляет собой один из главных показателей, определяющих эксплуатационные характеристики торцового уплотнения, поскольку отказ уплотнения связан, обычно, с износом и разрушением трущихся поверхностей, приводящих к нарушению герметичности. Правильный выбор материалов колец и соответствующей технологии обработки рабочих поверхностей контактной пары трения обеспечивают надежную работу уплотнения на длительный период даже в условиях относительно плохой смазочной способности уплотняемой среды.

Принципиальной особенностью изготовления таких колец является то, что соединяются совершенно различные по своим физико-механическим свойствам и химическому составу материалы. Контактное кольцо является комбинированной деталью, основу которой составляет конструкционная сталь, а нанесенный на ее рабочую поверхность износостойкий пояс толщиной 2 – 3 мм в заданных чертежом размерах, представляет собой твердый композиционный материал с высокими антифрикционными характеристиками. Механическая обработка таких колец не представляет технологических трудностей, так как только контактная торцовая поверхность требует при обработке применения специального сверхтвердого абразивного инструмента.

Технология изготовления колец пар трения с износостойким рабочим слоем проводится по приведенной ниже схеме:

- выбор материала и получение формы заготовки контактных колец пары трения;
- приготовление шихты из тонкозернистых порошков карбидов металлов;
- очистка заготовки и прессование шихты в торцовую канавку;
- приготовление матричного пропиточного сплава и его нанесение на напрессованный слой шихты;
- выбор оптимального температурного режима спекания и пропитки;
- спекание и пропитка напрессованного слоя шихты в электропечи в восстановительной или инертной среде;
- охлаждение заготовки вместе с печью;
- механическая обработка заготовки и получение контактного кольца.

Разработаны оптимальная структура и фазовый состав композиционного материала, который позволяет увеличить ресурс работы торцовых уплотнений.

УДК 537.226:621.785.5

В. А. Лиопо¹, В. А. Струк¹, А. С. Воронцов¹, А. А. Рыскулов²

(¹Гродненский государственный университет имени Янки Купалы,

²Ташкентский автомобильно-дорожный институт)

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АКТИВНЫХ ЗАРЯДОВЫХ ЦЕНТРОВ НА НАНОЧАСТИЦАХ МЕТАЛЛОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ

Введение. В качестве модификаторов различного назначения при создании композиционных материалов, например, на полимерной основе применяют наночастицы различных веществ. При наличии зарядов на этих наночастицах происходит электростатическое взаимодействие с зарядами атомов или полярных и поляризованных молекул. Процесс такого взаимодействия достаточно хорошо изучен и подробно описан в литературе [1]. В подавляющем большинстве работ причиной модификации называют это взаимодействие,