

**ПОВЫШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ ТРЕНИЯ В ГИДРОЦИЛИНДРАХ ИХ ПРИВОДА****Роганов Л. Л., Роганов М. Л., Абрамова Л. Н., Рудченко А. С.**

Определены материалы, из которых наиболее часто изготавливают уплотнения и требования, предъявляемые к этим материалам. Описана разработанная экспертная система сравнительной оценки, применяемых в гидроцилиндрах типов уплотнений. Проведен их сравнительный анализ по восьми параметрам. Предложена конструкция наиболее перспективного узла уплотнения для повышения коэффициента полезного действия гидроцилиндров привода и технологических машин в целом. Представлены рекомендации по мероприятиям, которые необходимо провести для повышения надежности эксплуатации регулируемой втулки-уплотнения. Приведено описание функционирования системы автоматизированного управления узлами уплотнений гидравлических аппаратов.

Визначені матеріали, з яких найчастіше виготовляють ущільнення і вимоги, що пред'являються до цих матеріалів. Описана розроблена експертна система порівняльної оцінки, вживаних в гідроциліндрах типів ущільнень. Проведений їх порівняльний аналіз за вісьмома параметрами. Запропонована конструкція найбільш перспективного вузла ущільнення для підвищення коефіцієнта корисної дії гідроциліндрів приводу і технологічних машин в цілому. Представлені рекомендації до заходів, які необхідно провести для підвищення надійності експлуатації регульованої втулки-ущільнення. Приведений опис функціонування системи автоматизованого управління вузлами ущільнень гідравлічних апаратів.

Materials, from which most compressions and requirements are often made required, produced to these materials, are considered. The developed consulting model of comparative estimation is described, applied in the hydraulic cylinders of types. Their comparative analysis is conducted according to eight parameters. The design of the most promising site seal to improve the efficiency of hydraulic cylinders drive and technological machinery in general is offered. Recommendations are presented in accordance with measures which must be conducted for the increase of reliability of managed hobs-compressions reliability. Description functioning of the automated management systems by knots of compressions of hydraulic vehicles.

Роганов Л. Л.

д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой МТО ДГМА  
[mto@dgma.donetsk.ua](mailto:mto@dgma.donetsk.ua)

Роганов М. Л.

канд. техн. наук, доц., дир. ИПКПК

Абрамова Л. Н.

канд. техн. наук, ст. преп. кафедры ОПМ ДГМА

Рудченко А. С.

аспирант ДГМА

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск

ИПКПК – Институт повышения квалификации и переподготовки кадров, г. Краматорск

УДК 62-531.1

Роганов Л. Л., Роганов М. Л., Абрамова Л. Н., Рудченко А. С.

### **ПОВЫШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ ТРЕНИЯ В ГИДРОЦИЛИНДРАХ ИХ ПРИВОДА**

Повышение коэффициента полезного действия машин при выполнении технологических операций является актуальной задачей для любых машин, используемых в технике и предназначенных для выполнения различных технологических операций в машиностроении, а также на транспорте, сельском хозяйстве, строительстве, горном деле и других отраслях экономики. В этих сферах хозяйственной деятельности находят широкое применение машины с гидроприводом, главной особенностью которых является применение для выполнения технологических операций гидроцилиндров (обеспечивают возвратно-поступательное движение рабочих органов машин) и гидромоторов (обеспечивают вращательное движение рабочих частей машины). Далее рассматриваем только гидроцилиндры как наиболее распространённые. Потери энергии в гидроцилиндрах происходит за счёт сил трения в их трущихся парах. Как правило, трущиеся пары гидроцилиндров снабжаются уплотнениями, которые в зависимости от конструкции, применяемых материалов имеют различное трение, что в конечном итоге сказывается на коэффициенте полезного действия гидроцилиндров и гидроагрегатов. По конструкции уплотнительные устройства делятся на контактные и бесконтактные. Контактные уплотнения обеспечивают более высокий уровень герметизации, однако в них большие потери на трение, износ, сравнительно низкая долговечность. Бесконтактные уплотнения характеризуются более сложными проблемами с обеспечением герметичности, однако их преимуществом является невысокое трение, соответственно более высокий коэффициент полезного действия гидроагрегата, уменьшенный износ, охлаждение гидроагрегата (гидроцилиндра) в процессе работы, более высокий срок службы.

В качестве материалов для уплотнений применяются металлы (сплавы) и неметаллы. В качестве металлов применяются стали, цветные металлы-бронзы, латуни, баббиты, чугуны, металлокерамика и т. п.

Значительный более широкий выбор для изготовления уплотнений из неметаллов. Среди них выделяются резины разных сортов, прорезиненная сталь, различные по свойствам полиуретаны, полиамиды, фторопласты, композитные материалы, прессованная древесина, пластмассы типа капрон, графитопласты и тому подобное. Основные требования к неметаллическим материалам для уплотнений являются сравнительно высокая прочность, заполняемость дефектов поверхности трущихся деталей гидроцилиндров, низкий коэффициент трения, температурная стойкость при низких и высоких температурах, возможность изготовления уплотнений отливкой и прессованием в пресс-формах и др. [1]. В последнее время стали применяться уплотнения из неметаллических материалов, форма сечения и размеры которых обеспечиваются вытягиванием на станках. Назначение этих манжет, форма сечения, размеры и материалы – могут быть самыми разнообразными. В качестве материала применяются наполненный полиуретан, нитрильный, гидрированный, фторовые каучуки, тефлоны, силиконы, полиацеталы, полиамиды и др. материалы [2]. Приведенная технология позволяет изготавливать более 200 типов уплотнений для промышленного гидропневмопривода, расширяет возможности проектантов гидропневмооборудования, расширяет возможности ее модернизации.

Если сравнивать различные виды уплотнений с учетом потерь на трение при работе, то по существующим методикам сравнения [2] наиболее перспективными являются так называемые щелевые уплотнения с регулируемой уплотнительной щелью [3].

Целью статьи является повышение коэффициента полезного действия технологических машин за счёт снижения трения в гидроцилиндрах их привода путём применения наиболее эффективного вида уплотнений.

На рис. 1 представлены наиболее употребляемые виды подвижных уплотнений, применяемые в гидроцилиндрах технологических машин в различных отраслях хозяйственной деятельности. Представлены типовые расчетные зависимости для определения сил трения при их работе. Как известно общий коэффициент полезного действия гидроагрегата, которым можно считать гидроцилиндр, складывается из объемного коэффициента полезного действия, который учитывает в основном потери на трение в гидроцилиндре (1).

Предполагается, что в щелевых уплотнениях потери на трение можно не учитывать из-за их пренебрежимо малой величины [1]. Щелевые уплотнения допускают некоторую протечку жидкости, что способствует охлаждению поверхностей трения, вынос загрязнений жидкости и продуктов износа [4]. Однако из-за допустимых утечек известные щелевые уплотнения уменьшают механический коэффициент полезного действия гидроцилиндров, что отрицательно сказывается на общем коэффициенте полезного действия гидросистемы [2].

Предлагаемые регулируемые щелевые уплотнения допускают регулировку уплотняемой щели, вплоть до нуля или даже натяга, что снижает соответственно утечки жидкости через такое уплотнение и соответственно повышает механический коэффициент полезного действия гидросистемы [1].

Разработана экспертная система сравнительной оценки применяемых в гидроцилиндрах типов уплотнений [3]. Выделено восемь параметров, по которым эксперт оценивает тот или иной вид уплотнений. При этом назначается «идеальное» уплотнение, у которого каждый сравниваемый параметр имеет максимальное количество баллов, сумма которых определяет баллы для «идеального» уплотнения, кроме того назначается самое несовершенное уплотнение с минимальными параметрами (равными единице). Остальные уплотнения сравниваются с параметрами «идеального» и несовершенного уплотнения и получают соответствующие баллы, которые затем суммируются по числу параметров и дают общую «цену» рассматриваемого уплотнения по сравнению с другими. Если выбрать восемь параметров всех уплотнений (герметичность, силы трения, износ, долговечность, температура, рабочее давление, габариты, стоимость), то «идеальное» уплотнение имеет сумму баллов 72, самое несовершенное имеет сумму баллов 8, шевронные манжеты набирают 36 баллов, круглые резиновые кольца – 39 баллов, разработанные щелевые регулируемые уплотнения набирают 59 баллов. Погрешность разработанной методики сравнительной оценки разных типов уплотнений лежит в пределах оценки эксперта и составляет 10–20 %, что вполне допустимо для оценочных характеристик.

Представленное на рис. 1 щелевое регулируемое уплотнение может использоваться для широких условий эксплуатации как в ручном, так и автоматическом режиме регулировки уплотняемого зазора. Система управления регулировкой зазора представляет собой возможность изменения давления среды на поверхность втулки, противоположную зазору, по которому идет утечка жидкости.

Функционирование этой системы управления регулировкой зазоров осуществляется таким образом: датчики утечек снимают данные о количестве утечек уплотнительных втулок гидроцилиндров и передают их на управляющую электронно-вычислительной машины, вместе с ними ещё передаются данные и с датчиков давлений. По соотношению этих данных определяется степень износа уплотнительных втулок. Данные, полученные управляющей электронно-вычислительной машиной, обрабатываются с помощью установленного программного обеспечения и передаются на сумматоры сигналы о величине необходимого давления, т. е. давление, которое необходимо подать на уплотнение для его оптимальной работы. В этой системе каждому уплотнению соответствует свой сумматор, который подаёт давление необходимой величины.

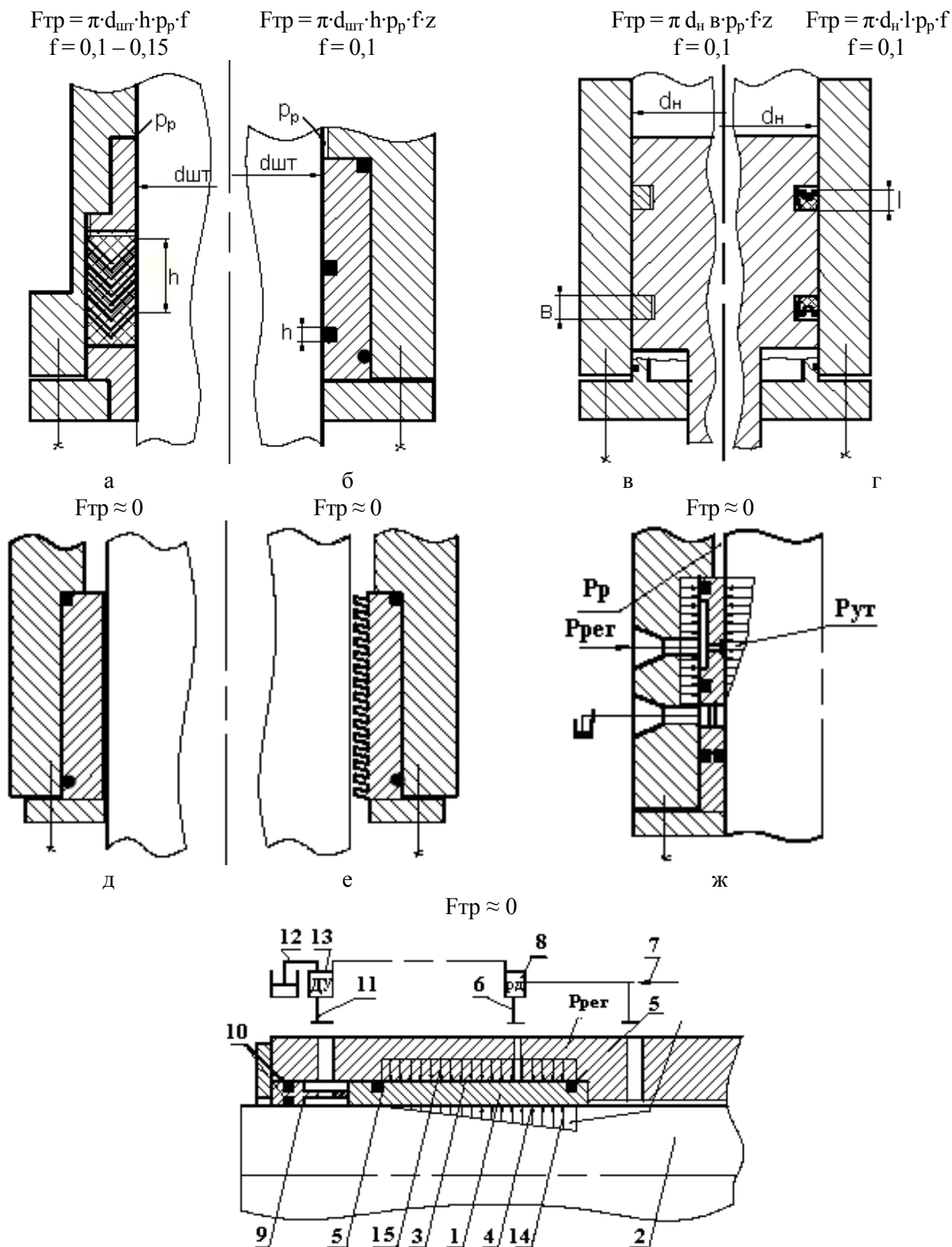


Рис. 1. Силы трения в уплотнениях:

а – шеврон; б – круглые кольца; в – поршневые кольца; г – U-образные манжеты; д – щелевые; е – лабиринтные; ж – гидродинамические; з – регулируемое щелевое уплотнение

В свою очередь на сумматоры давление подаётся автономной насосной станцией, но дальнейшие исследования в этой области могут привести к тому, что эта система, при установке её на прессе будет также как и пресс работать от насосно-аккумуляторной станции, тем самым, упростив её конструкцию.

В процессе эксплуатации за счет естественного износа трущихся поверхностей зазор в соединении увеличивается и соответственно увеличивается количество утечек рабочей жидкости через него. Учитывая величину утечек и свойства материала, из которого изготовлена втулка-уплотнение можно рассчитать величину зазора, который образовался в соединении, и тем самым узнать величину деформации, на которую нужно продеформировать втулку-уплотнение и соответственно величину давления, которое необходимо подать.

С целью упрощения использования регулируемой втулки уплотнения можно рекомендовать следующие мероприятия, повышающие надежность эксплуатации регулируемой втулки-уплотнения:

- увеличение длины направления по длине втулки с рекомендуемым (0,4–1) диаметром уплотняемой поверхности, до (1–1,5) диаметров;
- повышением радиальной жесткости концевых зон втулки-уплотнения, что снизит общий перекося уплотняемой поверхности;
- снижение зазора по регулирующей поверхности втулки, обеспечение натяга на регулируемой поверхности;
- обеспечение поворота регулируемой втулки в процессе движения уплотняемой поверхности.

Последний пункт может обеспечить равномерный износ втулки-уплотнения, хотя с технической стороны довольно сложен.

## ВЫВОДЫ

Предлагаемые регулируемые по радиусу щелевые втулки можно отнести к наиболее эффективному виду уплотнительных устройств гидроцилиндров. Такое уплотнение способно обеспечить максимальное повышение коэффициента полезного действия гидрофицированных технологических машин, применяемых в технике. Кроме того, такое конструктивное исполнение уплотнительных устройств позволяет создать систему автоматизированного управления узлами уплотнений всей машины, которая обеспечит увеличение сроков службы узлов уплотнений, и, как следствие, межремонтные периоды работы машины, поскольку эти узлы являются наиболее изнашиваемыми и быстро выходят из строя.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кондаков Л. А. Уплотнения и уплотнительная техника : справочник / Л. А. Кондаков, А. И. Голубев, В. Б. Овандер, В. В. Гордеев и др.; под общ. ред. А. И. Голубева, Л. А. Кондакова. – М. : Машиностроение, 1986. – 464 с.
2. Уплотнения для гидравлики и пневматики. Каталог продукции фирмы Seal Jet Ukraine. – Запорожье, 2008. – 4 с.
3. Роганов Л. Л. Развитие классификации регулируемых щелевых уплотнений / Л. Л. Роганов, Л. Н. Абрамова // Вісник ДДМА. – Краматорськ, 2005. – № 1. – С. 69–72.
4. Макаров Г. В. Уплотнительные устройства / Г. В. Макаров. – Л. : Машиностроение, 1973. – 232 с.
5. Башта Т. М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика / Т. М. Башта. – М. : Машиностроение, 1972. – 320 с.
6. Роганов Л. Л. Новые щелевые уплотнения для гидроцилиндров металлургического и горнорудного оборудования / Л. Л. Роганов, Л. Н. Абрамова, Е. А. Еремкин // Перспективы развития горно-металлургического комплекса : материалы Межд. науч.-практич. конф. – Краматорск : НКМЗ, 6-7 сентября 2004. – С. 92–93.