

(ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ)

**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

На правах рукописи

УДК 537.84

АЛЬГАДАЛ Ахмед Мохаммед

**ВЛИЯНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ И ДИФфуЗИОННЫХ
ПРОЦЕССОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ
МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ УПЛОТНЕНИЙ**

01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Минск – 2006

Работа выполнена в Белорусском национальном техническом университете.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор **Баштовой Виктор Григорьевич**, Белорусский государственный технологический университет, кафедра ЮНЕСКО «Энергосбережение и возобновляемые источники энергии».

Официальные оппоненты: доктор технических наук, ст.науч.сотр., **Баев Алексей Романович**, ГНУ «Институт прикладной физики» НАН Беларуси, лаборатория капиллярных явлений;

кандидат технических наук, доцент **Дударев Владимир Владимирович**, Белорусский государственный технологический университет, кафедра энергосбережения, гидравлики и теплотехники.

Оппонирующая организация: ГНУ «Институт тепло- и массообмена им.А.В.Лыкова» НАН Беларуси.

Защита состоится 23 ноября 2006 г. в 14-00 час. на заседании совета по защите диссертаций Д Q2.05.16 в Белорусском национальном техническом университете по адресу: 220013, г.Минск, проспект Независимости, 65, корп. 1, ауд. 202, тел. ученого секретаря 237-36-33

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского национального технического университета.

Автореферат разослан « 23 » октября 2006 г.

Ученый секретарь совета по защите диссертаций, канд. физ.-мат. наук, доцент



Рекс А.Г.

© Альгадал Ахмед Мохамед, 2006
© БНТУ, 2006

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации главным образом определяется постоянной практической потребностью в совершенствовании технических устройств и, в частности, средств герметизации их узлов. Особое значение на данном этапе имеет повышение "интеллектуальности" таких систем, их адаптивности и управляемости. В связи с этим все более широкое распространение в мировой практике для решения этих проблем получает использование новых веществ и, в частности, так называемых "интеллектуальных" жидкостей. Одними из ярких представителей такого класса жидкостей являются магнитные жидкости. Магнитожидкостные уплотнения обладают рядом неоспоримых преимуществ, которые заключаются в первую очередь в высокой степени герметизации, малых силах трения, высокой износоустойчивости.

С целью повышения эффективности и надежности этих устройств актуальным является установление новых закономерностей их функционирования.

Несмотря на большое количество публикаций, посвященных исследованию характеристик магнитожидкостных уплотнений, ряд связанных с их работой проблем остается малоизученным.

В связи с этим в данной работе предлагается провести комплекс теоретических и экспериментальных исследований, для установления закономерностей статистики магнитожидкостных уплотнений в практически не изучавшихся ранее условиях существенного влияния процессов магнитофореза и броуновской диффузии.

Связь работы с крупными научными программами, темами. Работа выполнена в рамках следующих государственных программ научных исследований:

1. Государственная программа фундаментальных исследований Республики Беларусь «Энергия» "Исследование явлений и процессов генерации, переноса и преобразования энергии в термодинамических системах и энергетических технологиях" на 2000 – 2005 гг. (Утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 29 января 2000 г. №111). Задание "Энергия 73" "Разработка новых принципов управления процессами

преобразования энергии с использованием магнитных жидкостей и создание на их основе новых энергоэффективных устройств" (Шифр: ГБ 01-137, № ГР 2001824).

2. Государственная комплексная программа научных исследований (ГКПНИ) «Разработка и исследование фундаментальных проблем переноса энергии и вещества в средах и системах сложного состава и структуры при наличии фазовых и химических превращений, внешних и внутренних воздействий. Разработка нового поколения сушильных, теплообменных и холодильных технологий и техники для производства, переработки, хранения и эффективного применения продукции разнообразного народнохозяйственного назначения» ("Тепловые процессы") на 2006-2010гг. Задание «Тепловые процессы-36» «Разработка научных основ процессов диссипации энергии, тепло- и массопереноса при течении магнитных жидкостей под воздействием внешних магнитных полей применительно к магнитожидкостным виброзащитным устройствам» (Шифр: ГБ 06-016, № ГР 2006480).

Цель и задачи исследования

Цель работы – установление закономерностей статичности магнитожидкостных уплотнений при существенном влиянии процессов массопереноса в магнитных жидкостях.

В соответствии с целью исследования поставлены следующие задачи:

- Создать экспериментальную установку для исследования статических характеристик (удерживаемого перепада давления) магнитожидкостных уплотнений.
- Разработать эффективную физико-математическую модель магнитожидкостного уплотнения, позволяющую осуществить расчет его характеристик теоретическими методами.
- Теоретически и экспериментально исследовать зависимости удерживаемого перепада давления в магнитожидкостных уплотнениях от геометрических характеристик, скорости вращения вала, магнитных свойств жидкости.
- Разработать теорию магнитожидкостного уплотнения с учетом процессов диффузии частиц в магнитной жидкости.

- Теоретически и экспериментально установить закономерности влияния процессов диффузии на статические характеристики магнитожидкостного уплотнения.

- Выдать практические рекомендации по повышению эффективности магнитожидкостных уплотнений.

Объектом исследования является магнитожидкостное уплотнение (МЖУ) и один из основных его элементов – магнитная жидкость.

Предметом исследования являются закономерности статики магнитожидкостных уплотнений вращающихся валов, заключающиеся в установлении зависимостей удерживаемого перепада давления от геометрических характеристик, скорости вращения вала, магнитных свойств жидкости, в том числе при существенном проявлении диффузионных процессов в магнитной жидкости.

В основу данной работы положена гипотеза, утверждающая, что процессы магнитофореза и броуновской диффузии частиц в магнитной жидкости, свойства и характер движения жидкости, время, геометрия магнитожидкостного уплотнения и скорость вращения вала влияют на характеристики магнитожидкостного уплотнения.

Основные положения, выносимые на защиту:

- экспериментальные закономерности статики магнитожидкостных уплотнений, включающие в себя зависимости удерживаемого уплотнением перепада давления от его геометрических параметров (величины уплотняемого зазора, формы и размеров магнитной системы), скорости вращения вала и от времени;

- физико-математическая модель магнитожидкостного уплотнения, позволяющая эффективно осуществлять теоретическое исследование его характеристик; а также распределение магнитного поля в зазоре уплотнения;

- теоретические закономерности статики магнитожидкостного уплотнения, включающие в себя зависимости удерживаемого уплотнением перепада давления от его геометрических параметров: величины уплотняемого зазора, формы и размеров магнитной системы,

- физико-математическая модель магнитожидкостного уплотнения, учитывающая процессы массопереноса, в том числе броуновской

диффузии частиц в магнитной жидкости, позволившая, в частности, описать зависимость удерживаемого уплотнением перепада давления от времени;

- теоретические закономерности процессов массопереноса в магнитной жидкости и их влияния на характеристики магнитожидкостного уплотнения, включающие в себя зависимости свойств жидкости (концентрации частиц, намагниченности) от времени и геометрических координат, зависимость удерживаемого перепада давления от времени,

Личный вклад соискателя

Автором лично осуществлены разработка методики эксперимента и создание экспериментальной установки, лично получены все экспериментальные данные и с участием научного руководителя работы проведен их анализ. Автор принимал личное участие в разработке физико-математических моделей уплотнения и численном моделировании описываемых ими процессов. Им лично получены основные теоретические зависимости характеристик магнитожидкостного уплотнения с учетом процессов массопереноса в них. Автор принимал личное участие в анализе результатов и написании статей.

Апробация результатов диссертации

Результаты диссертации докладывались на второй международной научно-технической конференции "Наука – образованию, производству, экономике" (Минск, 2004 г.), на международной научно-практической конференции "Проблемы инженерно-педагогического образования в Республике Беларусь" (Минск, 2004 г.), на республиканской Научно-технической конференции "Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности", Белорусско-российский университет (Могилев, 2005 г.), на третьей международной научно-технической конференции "Наука – образованию, производству, экономике" (Минск, 2006 г.), на 10-й Республиканской научной конференции студентов и аспирантов высших учебных заведений Республики Беларусь (Минск, 2006 г.), а также на 12-й международной плесской конференции по магнитным жидкостям (Плес, Ивановская обл., сентябрь 2006г.).

Опубликованность результатов

Результаты исследований опубликованы в 3 статьях (1 автор) в рецензируемых журналах и 6 тезисах докладов конференций с общим объемом 33 страницы.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем работы составляет 140 страниц, в том числе 62 рисунка, 3 приложения и список из 90 библиографических источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении дана общая характеристика работы, обоснована актуальность темы, ее связь с научно-исследовательскими работами Республики Беларусь, определены основные направления исследования, сформулированы цель и задачи исследования, представлена научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведены основные положения диссертации, выносимые на защиту.

В первой главе представлен анализ литературных источников о современном состоянии исследований магнитожидкостных систем герметизации, позволивший сделать следующие выводы:

1. Магнитожидкостные уплотнения являются перспективным направлением в области уплотнительной техники. Они обладают целым рядом достоинств, главными из которых являются высокая герметичность, простота конструкции, низкие потери на трение. Опыт применения магнитожидкостных уплотнений в различных областях техники подтверждает их принципиальные преимущества.

2. Однако, совершенно не изученными к настоящему времени остаются вопросы, связанные с работой магнитожидкостных уплотнений в условиях существенного влияния процессов магнитофореза и броуновской диффузии в магнитной жидкости, которые могут оказать существенное влияние на их статические характеристики.

Вторая глава посвящена обоснованию методик проведения экспериментальных исследований, описанию экспериментального стенда, характеристикам магнитной системы используемого

2. Создана эффективная модель магнитожидкостного уплотнения, позволившая осуществить комплексный расчет параметров уплотнения: конфигурации магнитного поля при различных конструктивных особенностях магнитной системы; удерживаемого перепада давления [1].
3. Экспериментально установлена существенная зависимость удерживаемого статического перепада давления от времени, обусловленная процессами диффузии магнитных частиц в жидкости. С течением времени удерживаемый статический перепад давления может увеличиваться более, чем в два раза [2-4, 9].
4. Создана теория магнитожидкостного уплотнения с учетом процессов нестационарной диффузии магнитных частиц в магнитной жидкости в неоднородных магнитных полях [3, 4].
5. Осуществлено численное моделирование статики магнитожидкостного уплотнения с учетом нестационарных диффузионных процессов [3, 4].
6. Теоретически установлены закономерности диффузии частиц в магнитной жидкости (поля концентраций и их зависимости от времени) и ее влияния на характеристики уплотнения. Вследствие этих процессов критический перепад давления, удерживаемый уплотнением, с течением времени может возрасти почти в 2 раза. Сравнение экспериментальных и теоретических результатов показывает адекватность развитой теории [3, 4].
7. Предложенные в работе соотношения рекомендованы для расчета статических характеристик магнитожидкостного уплотнения [2, 6-8].

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых журналах

1. Баштовой, В.Г. К Теории магнитожидкостного уплотнения /В.Г.Баштовой, А.М.Альгадал//Вестник БНТУ.–2006.– № 3.– С.77-80.
2. Баштовой, В.Г. Экспериментальное исследование магнитожидкостного уплотнения /В.Г.Баштовой, А.М.Альгадал, В.Б. Самойлов //Вестник БНТУ. – 2006. – № 4. – С. 51-53.
3. Баштовой, В.Г. Влияние процессов диффузии на статику магнитных жидкостей /В.Г.Баштовой, В.К.Полевиков,

А.М.Альгадал // Вести национальной академии наук Беларуси. – 2006. – № 3. – С. 63-69.

Статьи в сборниках научных трудов конференций

4. Баштовой, В.Г. Диффузия частиц в магнитной жидкости и ее влияние на статику магнитожидкостного уплотнения /В.Г.Баштовой, В.К.Полевиков, А.М.Альгадал //Материалы 12-й международной плесской конференции по магнитным жидкостям (Плесс, август-сентябрь 2006г.). – Иваново, 2006. – С. 202-207.

Тезисы докладов

5. Альгадал, А.М. Гидродинамика магнитожидкостных уплотнений /А.М. Альгадал // Наука – образованию, производству, экономике //Матер. 2-й межд. научно-техн. конф.–Мн., 2004.– С.144-146.

6. Альгадал, А.М. Магнитожидкостные уплотнения и перспективы их использования в машиностроении //Проблемы инженерно-педагогического образования в Республике Беларусь /А.М.Альгадал, В.Г. Баштовой //Матер. Междунар. научно-практич. конференции . – Мн.: УП «Технопринт», 2004. – С.247-250.

7. Альгадал, А.М. Перспективные схемы магнитожидкостных уплотнений /А.М. Альгадал //Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы респ. науч.-техн. конф. – Могилев: ГУ ВПУ «Белорусско-российский университет», 2005. – С. 16.

8. Альгадал, А.М. Особенности магнитожидкостных уплотнений вращающихся валов /В.Г.Баштовой, А.М.Альгадал //Наука – образованию, производству, экономике // Материалы третьей международной научно-технической конференции. – Мн., 2006. – С.137-140.

9. Альгадал, А. М. Высокоскоростные магнитожидкостные уплотнения и их оптимизация /В.Г.Баштовой, А.М.Альгадал //«ПИРС–2005» X Республиканская научная конференция студентов и аспирантов высших учебных заведений Республики Беларусь. 14-16 февраля 2006 г., г. Минск. Тезисы докладов. Часть 2. – Мн.,2005. – С. 80.

РЕЗЮМЕ

Альгадал Ахмед Мохамед

ВЛИЯНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ И ДИФФУЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ УПЛОТНЕНИЙ

Ключевые слова: магнитная жидкость, магнитожидкостное уплотнение, массообмен.

Объект исследования: магнитожидкостное уплотнение.

Предмет исследования: закономерности статика магнитожидкостного уплотнения.

Цель работы: установление закономерностей статика магнитожидкостных уплотнений при существенном влиянии процессов массопереноса в магнитных жидкостях.

Методы исследования и аппаратура: Методы теоретических исследований базируются на классической теории броуновских частиц в поле массовой силы и на аналитическом и численном решении дифференциальных уравнений, описывающих эти процессы. Методы экспериментальных исследований включают в себя измерение удерживаемого перепада давления при варьировании различных параметров, влияющих на работу магнитожидкостного уплотнения. Для исследований использованы стандартные методики эксперимента, адаптированные к рассматриваемым условиям.

Область применения: Уплотнительные устройства для различных отраслей промышленности: машиностроения, приборостроения и электроники, теплоэнергетики, вакуумной и космической техники, химической и нефтехимической промышленности.

В результате выполнения работы получены новые экспериментальные результаты по характеристикам магнитожидкостного уплотнения, разработана теория магнитожидкостного уплотнения с учетом процессов диффузии частиц в магнитной жидкости, установлены основные закономерности этих процессов и их влияние на характеристики уплотнения.

РЭЗІОМЕ

Альгадал Ахмед Махамед УПЛЫЎ ГІДРАДЫНАМІЧНЫХ І ДЫФУЗІЙНЫХ ПРАЦЕСАЎ НА ХАРАКТАРЫСТЫКІ МАГНІТАВАДКАСТНЫХ УПЛАТНЕННЯЎ.

Ключавыя словы: магнітная вадкасць, магнітавадкастнае ўшчыленне, масаабмен.

Аб'ект даследавання: магнітавадкастнае ўшчыленне.

Прадмет даследавання: заканамернасці статьикі магнітавадкастнага ўшчылення.

Мэта работы: усталяванне заканамернасцей статьикі магнітавадкастных ушчыленняў пры істотным уплыве працесаў масапераносу ў магнітавадкастных ушчыленнях.

Метады даследавання і апаратура: Метады тэарэтычных даследаванняў базіруюцца на класічнай тэорыі броўнаўскіх часціц у полі масавай сілы і на аналітычным і колькасным рашэнні дзіферэнцыяльных ураўненняў, апісваючых гэтыя працессы. Метады эксперыментальных даследаванняў уключаюць вымярэнні ўтрымлівасямага перапада ціску пры вар'іраванні розных параметраў, уплываючых на работу магнітавадкастнага ўшчылення. Для даследаванняў выкарыстоўваліся стандартныя метадыкі эксперыменту, аданціравання да разглядаемых умоў.

Галіна выкарыстання: ушчыльныя ўстройства для розных галін прамысловасці: машынабудавання, прыборабудавання і электронікі, цеплаэнергетыкі, вакуўмай і касмічнай тэхнікі, хімічнай і нафтахімічнай прамысловасці.

У выніку выканання работы атрыманы новыя эксперыментальныя вынікі па характарыстыкам магнітавадкастнага ўшчылення, распрацавана тэорыя магнітавадкастнага ўшчылення з улікам працесаў дыфузіі часцін у магнітнай вадкасці, усталяваны асноўныя заканамернасці гэтых працесаў і іх уплыў на характарыстыкі ўшчылення.

SUMMARY
Algadal Ahmed Mohamed
INFLUENCE OF HYDRODYNAMIC AND DIFFUSION
PROCESSES ON THE MAGNETIC FLUID SEALS
CHARACTERISTICS

Keywords: magnetic fluid, magnetic fluid seal, mass transfer.

Object of study: magnetic fluid seal.

Subject of study: static rules of the magnetic fluid seal.

Purpose of work: establishment of the static rules for the magnetic fluid seals at essential influence of the mass transfer processes in magnetic fluids.

Methods of study and equipment: Methods of the theoretical researches are based on the classical theory of the Brown's particles in the field of mass force and on the analytical and numerical decision of the differential equations describing these processes. The methods of the experimental researches include measurement of the retained pressure difference at variation of different parameters that influence on the work of the magnetic fluid seal. For the researches the standard experimental methods adapted to the conditions being examined are used.

Applications field: Sealing devices for various brunches of industry: mechanical engineering, instrumental making and electronics, power systems, vacuum and space techniques, chemical and petrochemical industries.

In the result of the performance of this work the new experimental results under characteristics of the magnetic fluid seal are received, the theory of the magnetic fluid seal is developed in view of the particles diffusion processes in the magnetic fluid, the basic rules of these processes and their influence on characteristics of the seal are established.

