

## **ОТЗЫВ**

**официального оппонента Сызранцева Владимира Николаевича, доктора технических наук, профессора на диссертацию Найгерт Катарини Валерьевны на тему «ОСНОВЫ ТЕОРИИ И МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАГНИТОРЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ СИСТЕМ ВИБРОЗАЩИТЫ КОМБИНИРОВАННОГО ТИПА» по специальности 05.02.02 «Машиноведение системы приводов и детали машин» представленную на соискание ученой степени доктора технических наук**

Диссертационная работа К.В.Найгерт состоит из введения, шести глав, заключения и приложения, содержащего акты внедрения. Работа написана на русском языке. Общий объем работы составляет 344 страниц машинописного текста, включает 116 рисунков, 4 таблицы и библиографический список из 226 наименований отечественных и зарубежных авторов.

В результате ознакомления с диссертационной работой, авторефератом и опубликованными в печати по теме проведенных исследований статьями соискателя, мною установлено следующее.

### **Актуальность темы**

Проведение мероприятий, направленных на вибрационную защиту (ВЗ) объектов обусловлено необходимостью сохранения их целостности и стабильности. Актуальные тенденции развития систем ВЗ, прежде всего, связаны с обеспечением адаптивности их рабочего процесса и повышением их надежности. В этом направлении публикуется большое количество работ и ведущие исследовательские центры заняты решением данной проблемы. Рецензируемая работа направлена на совершенствование конструкций систем адаптивной вибрационной защиты и алгоритмов их управления, развитию теоретических основ методов их проектирования. Для решения поставленной задачи автором выбрано перспективное в данной области исследований

направление, - магнитореологические (МР) системы ВЗ. Тема работы является актуальной.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Автором критически проанализированы известные достижения отечественных и зарубежных ученых в области адаптивной вибрационной защиты МР систем и других, связанных с темой данной работы областей знаний. Обоснованность научных положений диссертационной работы

Обоснованность научных положений, сформулированных в диссертационной работе, обусловлена тем, что в своих исследованиях МР приводов систем вибрационной защиты К.В.Найгерт для создания математических моделей корректно использовала уравнения гидродинамики, электродинамики и реологии. Работа обоснована результатами ряда независимых фундаментальных исследований, указанных в тексте диссертации, которые подтверждают возможность реализации магнитогидродинамических, магнитоакустических и реологических эффектов в объемах МР жидкости, помещенных во внешние электромагнитные поля. Автор также опирается на собственные результаты, полученные в процессе выполнения работ по теме диссертации.

**Достоверность и новизна исследований, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

В диссертационной работе получили развитие методы расчета и проектирования МР приводов систем вибрационной защиты. В процессе решения сформулированных в работе задач, разработан комплекс методов, включающих в себя:

- математическую модель, описывающую рабочие процессы МР систем ВЗ комбинированного типа, на основе которой созданы инженерные и научно-обоснованные методики проектирования и расчета;
- математическую модель и алгоритм расчета, позволяющие произвести расчет и настройку охлаждающего элемента в соответствии с требуемым

значением градиента магнитной восприимчивости и комплексной магнитной проницаемости рабочей среды и рационализации их значений с учетом требуемых динамических характеристик МР системы комбинированного типа;

– методы проектирования и расчета МР / феррожидкостных (ФЖ) систем активной ВЗ, позволяющие учесть особенности рабочего процесса при совместном применении ФЖ осциллятора, вязкоупругого демпфирования и регулирующих МР / магнитодинамических (МД) аппаратов комбинированного типа, реализованные в программном коде;

– методы проектирования и расчета адаптивных МР систем ВВЗ способные учитывать особенности рабочего процесса МР камер с неоднородно распределенными диссипативно-жесткостными свойствами, реализованные в программном коде;

– алгоритм управления ФЖ регулирующих элементов гибридных гидравлических аппаратов и рационализации динамических характеристик устройств, обладающих комбинацией ФЖ камер и ФЖ регулирующих элементов, реализованный в программном коде.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Сформулирован новый подход в области совершенствования процессов ВЗ / вибрационной изоляции (ВИ) в МР и ФЖ аппаратах и рабочих процессах в их приводных системах, отличающийся применением комбинации различных гидродинамических (линейных и вихревых), акустических и реологических эффектов. Впервые разработаны методологические основы повышения эффективности и надежности приводных систем, в основе которых лежат комбинированные способы ВЗ и ВИ.

2. Научно-обоснованы преимущества применения дифференциальных блоков электромагнитного управления в конструкциях аппаратов МР систем ВЗ. Установлены закономерности повышения эффективности отклика МР рабочей среды на регулирование дифференциальным блоком

электромагнитного управления при моделировании многокритериального сигнала управления и реализации обратной связи по ряду параметров.

3. Разработаны и реализованы методы проектирования и расчета МР / ФЖ систем активной ВЗ и регулируемой ВИ, отличающиеся способностью учета особенности рабочего процесса при совместном применении ФЖ осциллятора, вязкоупругого демпфирования и регулирующих МР / МД аппаратов комбинированного типа. Выявлены закономерности влияния на рабочие процессы вязкостной диссипации, импульсного изменения электромагнитной составляющей давления и колебательных движений частиц магнетика в вихревых электромагнитных полях (ЭМП), их вклада в реализацию осцилляций в ФЖ опоре и критерии рационализации их соотношения.

4. Установлены закономерности повышения эффективности работы ФЖ камеры при совместной ее эксплуатации с ФЖ регулирующими элементами немагнитного управляющего контура.

5. Разработаны и реализованы методы проектирования и расчета, адаптивных МР систем ВЗ, отличающиеся способностью учета особенностей рабочего процесса МР камер с неоднородно распределенными диссипативно-жесткостными свойствами. Предложенные методы позволили впервые выявить закономерности, определяющие допустимый градиент распределения диссипативно-жесткостных характеристик в неоднородных МР камерах.

6. Впервые с позиций стабильности рабочих процессов и повышения надежности МР системы ВЗ разработана методика расчета и настройки жидкостного охладительного контура, отличающаяся использованием значений градиента магнитной восприимчивости рабочей среды, комплексной магнитной проницаемости рабочей среды и рационализации их значений с учетом требуемых динамических характеристик МР системы ВЗ комбинированного типа.

Достоверность полученных автором результатов исследований подтверждается сопоставлением их с экспериментальными данными, с результатами тестовых задач компьютерного моделирования, совпадением данных исследований с результатами, получаемыми при использовании методов и моделей других исследователей, использованием комплекса современных испытательных средств. На базе авторских методов Найгерт К.В. разработаны запатентованные конструкторско-схемные решения МР аппаратов комбинированного типа и созданы программы расчета рабочих и геометрических характеристик, адаптивных МР систем ВЗ, способные учитывать особенности формирования управляющего сигнала комбинированного типа во внешних энергетических полях.

### **Значимость для науки и практики полученных результатов**

Значимость для науки полученных результатов состоит в развитии методов исследования и описания рабочих процессов в адаптивных системах ВЗ и МР приводных системах, основывается на создании нового подхода формирования управляющего сигнала комбинированного типа, базирующегося на совместном генерировании магнитодинамических, магнитоакустических и реологических эффектов в рабочих объемах сред, обладающих магнитными свойствами. Разработанные пакеты прикладных программ «Программный комплекс комбинированной оценки вязкости магнитореологической среды во внешних энергетических полях», «Программный комплекс для расчета характеристик адаптивного комбинированного реологического амортизатора», «Программный комплекс для расчета и оптимизации управляющего сигнала в гибридных гидравлических устройствах», позволяют решать комплекс задач направленных на расчет и оптимизацию параметров рабочих процессов регулирующих элементов систем виброзащиты комбинированного типа. Программные комплексы зарегистрированы в Федеральной службе по интеллектуальной собственности.

## **Конкретные рекомендации по использованию результатов диссертации**

Полученные в рамках диссертационной работы Найгерт К.В. результаты позволяют в значительной степени улучшить динамические характеристики адаптивных систем вибрационной защиты. Предложенные конструкторско-схемные решения магнитореологических аппаратов комбинированного типа являются базой для образования нового класса магнитореологических устройств. Представленные в диссертационной работе теоретические основы проектирования магнитореологических систем комбинированного типа позволяют создавать методические пособия для высших образовательных учреждений и программ послевузовского профессионального образования.

### **Публикации и доклады по теме исследования**

Основные положения диссертации опубликованы в 60 работах, включая 22 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, шесть статей в журналах, включенных в международные системы цитирования, три главы в коллективных монографиях РАН, получено девять патентов и три свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Публикации охватывают все разделы исследований, содержащиеся в работе. Результаты работы докладывались на многочисленных научно-технических конференциях различного уровня (2013–2019 гг).

### **Замечания по диссертационной работе**

1. Из текста диссертации не ясно как установлены предельные значения вязкости магнитореологической среды в рабочих камерах адаптивных систем вибрационной защиты, после достижения которых целесообразно переходить на комбинированный способ формирования регулирующего воздействия.
2. В тексте диссертации описание программной реализации алгоритмов управления магнитореологическими устройствами комбинированного типа, учитывая их практическую значимость, по нашему мнению, следовало изложить более подробно.

3. Критерии дальнейшей оптимизации рабочих процессов предлагаемых магнитореологических систем виброзащиты комбинированного типа следовало обосновать более подробно.

4. На рис. 1.14, 1.15, а также 4.14 следовало обозначить основные элементы конструкций. На рис. 2.11 отсутствует обозначение линий для различных значений вязкости рабочей среды.

5. На многих рисунках (рис.2.11, 2.13, 5.9, 6.16, 6.21, 6.22, 6.27) показаны экспериментальные точки, однако в тексте не описывается, каким образом эти данные получены.

Отмеченные замечания при оценке работы в целом определяющими не являются.

**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным  
положением о порядке присуждения ученых степеней**

Диссертация Найгерт Катарина Валерьевны является научно-квалификационной работой, в которой на основе выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, состоящие в создании для магнитореологических систем нового подхода формирования управляющего воздействия комбинированного типа, методологии расчета рабочего процесса приводов адаптивных систем виброзащиты, реализующих предложенных подход управления комбинированного типа, которые позволяют при помощи разработанных численных моделей и созданного комплекса программных средств совершенствовать процессы вибрационной защиты объектов различного назначения, существенно сокращая время переходных процессов и повышая их надежность, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области машиноведения, систем приводов и деталей машин, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор Найгерт Катарина Валерьевна заслуживает присуждения

ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.02 –  
Машиноведение, системы приводов и детали машин.

### Официальный оппонент

Сызранцев Владимир Николаевич  
доктор технических наук ( по специальностям  
05.02.18 – теория машин и механизмов  
05.02.02 – машиноведение, системы приводов и деталей машин),  
профессор, Заслуженный деятель науки РФ,  
зав. кафедрой «Машины и оборудование нефтяной и  
газовой промышленности»  
Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Тюменский индустриальный университет»  
625000, Тюменская область, город Тюмень, улица Володарского, дом 38  
Телефон: +7 (3452) 28-30-13, 8-912-9265902  
Электронный адрес: syzrantsevvn@tyuiu.ru

Согласен на включение моих персональных данных в документы,  
связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку

В.Н.Сызранцев

*Владимир Сызранцев В.Н.  
Заведующий  
Учебной мастерской ТИУ  
А.А. Костов*

*24.05.2020*

