



**САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
SAMARA UNIVERSITY

федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева»

ул. Московское шоссе, д. 34, г. Самара, 443086  
Тел.: +7 (846) 335-18-26, факс: +7 (846) 335-18-36  
Сайт: www.ssau.ru, e-mail: ssau@ssau.ru  
ОКПО 02068410, ОГРН 1026301168310,  
ИНН 6316000632, КПП 631601001

02 ИЮН 2020

№ 104-2178

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор - проректор по научно-  
исследовательской работе  
доктор технических наук



А. Б. Прокофьев

« 2 » июня 2020 г.

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ –

на диссертацию *Найгерт Катарини Валерьевны*  
*«Основы теории и методология проектирования магнито-реологических приводов систем виброзащиты комбинированного типа»*,  
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук  
по специальности *05.02.02 – машиноведение, системы приводов и детали машин*

### Актуальность темы исследования

Решение проблемы повышения эффективности систем вибрационной защиты непосредственно связано с возможностью обеспечения ответа на изменения характера нагружения и управления рабочими параметрами опор в реальном времени. При создании адаптивных опор особое значение имеют простота реализации и надежность конструктивного решения. Механические опоры не соответствуют требованиям, предъявляемым к высокоэффективным системам вибрационной защиты, прежде всего, по показателям динамики их рабочего процесса. Поэтому использование механических опор при высокоскоростном нагружении нецелесообразно. Широко применяемые на сегодняшний день гидравлические опоры позволяют реализовывать адаптивность рабочих процессов к изменению параметров внешних вибрационных и ударных нагрузок и обладают хорошими динамическими характеристиками, но конструкции гидравлических аппаратов имеют подвижные механические элементы, которые существенно снижают быстродействие и надежность гидравлических систем вибрационной защиты. Поэтому наиболее перспективными адаптивными системами вибрационной защиты принято считать системы,



созданные на базе магнитореологических приводов, которые в свою очередь обладают некоторыми недостатками.

В представленной на соискание диссертационной работе решаются основные проблемы, возникающие при эксплуатации магнитореологических систем. А именно, работа направлена на борьбу с нестабильностью рабочих характеристик, связанную с нагревом рабочей среды во внешних электромагнитных полях, и ограничениями рабочих давлений в магнитореологическом контуре, вследствие отсутствия механических запорных элементов. Решение обозначенных проблем достигается разработкой комбинированных методов управления статическими и динамическими характеристиками магнитореологических приводов систем вибрационной защиты. В основу комбинированных методов управления легли способы генерирования магнито-гидродинамических, магнитоакустических и реологических эффектов в рабочих объемах во внешних электромагнитных полях.

Теоретически обосновывается возможность реализации магнито-гидродинамических, магнитоакустических и реологических эффектов в объемах магнитореологических сред и дается численное описание рабочих процессов магнитореологических приводов систем вибрационной защиты комбинированного типа. Экспериментально доказана эффективность различных сочетаний управляющих сигналов комбинированного типа. В основы теории и методологии проектирования легли авторские методы численного описания рабочих процессов магнитореологических элементов приводов систем вибрационной защиты комбинированного типа и методы их проектирования. Разработанные методы численного описания рабочих процессов магнитореологических элементов приводов систем вибрационной защиты комбинированного типа позволяют рассчитывать изменения статических и динамических характеристик при осуществлении управления за счет реализации магнито-гидродинамических, магнитоакустических и реологических эффектов в рабочих объемах во внешних динамических электромагнитных полях.

Разработанные методы расчета и проектирования магнитореологических элементов приводов систем вибрационной защиты комбинированного типа позволяют рационализировать рабочие процессы с учетом особенностей внешнего нагружения, исходя из максимально допустимых значений смещений и частот колебаний объектов вибрационной защиты. Предложенные комбинированные методы управления конструктивно исполнены в виде оригинальных запатентованных магнитореологических аппаратов комбинированного типа. Основываясь на математической статистике, обоснованы более высокие показатели надежности и долговечности у магнитореологических систем виброзащиты в сравнении с ближайшими функциональными аналогами – гидравлическими системами.



Таким образом, совершенствование рабочих процессов и конструкций магнитореологических систем вибрационной защиты, создание моделей их численного описания, а также развитие методов проектирования магнитореологических систем вибрационной защиты в значительной степени позволит улучшить качество процессов вибрационной защиты и гарантировать сохранность целостности объектов, что свидетельствует об актуальности темы исследования.

### **Оценка структуры и содержания работы**

Диссертация Найгерт К.В. состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 344 страницы.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, научная новизна, практическая ценность, сформулированы цель и задачи исследования.

**В первой главе** рассматриваются конструктивно-схемные решения классических систем адаптивной виброзащиты и приводятся модели их численного описания. На основе анализа современной зарубежной литературы выявлены недостатки классических систем адаптивной вибрационной защиты и показаны пути их устранения, а именно переход к использованию магнитореологических систем адаптивной вибрационной защиты. Критический анализ существующих конструктивно-схемных решений магнитореологических систем виброзащиты также показал ряд недостатков. Прежде всего, это выраженная зависимость рабочих характеристик от температурных параметров магнитореологической среды и наличие ограничений в диапазоне регулирования, что связано со спецификой реализации управления в магнитореологических системах, а именно, с изменением вязкости рабочей среды во внешних электромагнитных полях, ведущих к нагреву рабочей среды и имеющих ограничения в увеличении значений вязкости.

Определены основные методы расчета и численного моделирования магнитореологических систем, которые базируются на определении степени изменения коэффициента вязкости во внешних полях. Проанализированы пути развития магнитореологических систем. Одним из основных рассматриваемых вопросов является необходимость снижения зависимости рабочих характеристик от температуры рабочей среды. Рассмотрены фундаментальные основы и исходные уравнения феррогидродинамики, магнитоакустики и термомагнитной конвекции. Выявлены пути совершенствования методов управления в магнитореологических системах, существенно увеличивающие стабильность их рабочих процессов. Определены перспективные направления исследования и сформулированы основные авторские концепции развития, формирующие структуру диссертационной работы.



**Вторая глава** посвящена теоретическому обоснованию возможности реализации предлагаемого нового подхода к формированию управляющего сигнала в магнитореологических системах виброзащиты комбинированного типа и разработке методик численного описания рабочих процессов систем, применяющих данный подход к формированию управляющего сигнала.

Проанализированы возможные рациональные сочетания регулирующих воздействий, базирующихся на генерировании магнитогидродинамических, магнитоакустических и реологических эффектов при формировании управляющего сигнала в магнитореологических системах виброзащиты комбинированного типа. Предложены методы регулирования рабочего процесса магнитореологических систем виброзащиты комбинированного типа. Выделено два направления исследования путей формирования управляющего сигнала в магнитореологических системах виброзащиты комбинированного типа, генерирование магнитогидродинамических и магнитоакустических эффектов. Созданы численные модели, способные описывать рабочие процессы, реализуемые при помощи нового подхода к формированию управляющего сигнала в магнитореологических системах виброзащиты комбинированного типа. Предложенные численные модели способны учитывать влияние на рабочие процессы приводов магнитореологических систем вибрационной защиты комбинированного типа следующих аспектов: спиральности потока, значений тока смещения в рабочих объемах магнитореологических сред, изменения вязкостных характеристик и параметров акустических эффектов. Проведена апробация авторских моделей в ходе численного эксперимента, результаты которого подтверждают эффективность реализации управляющего сигнала комбинированного типа в магнитных средах. Предложена конструктивная реализация нового подхода к формированию управляющего сигнала в виде серии запатентованных магнитореологических устройств комбинированного типа, осуществляющих рабочий процесс путем совместного генерирования акустических, реологических и гидродинамических эффектов в рабочих объемах магнитореологических сред. Предложен вариант повышения КПД магнитодинамического насоса, увеличивающий КПД вдвое, в сравнении с КПД существующих на сегодняшний день магнитореологических насосов. Предложены варианты конструкции магнитореологической камеры с распределенными диссипативно-жесткостными свойствами. Определено влияние гидростатической подъемной силы на динамику перемещения плунжера в конструкциях, предусматривающих разделение магнитореологических рабочих камер на субкамеры. Предложен подход, позволяющий рационализировать количество перегородок, разделяющих рабочую камеру на субкамеры и производить оптимизацию распределения профиля вязкости (диссипативно-жесткостных свойств) по субкамерам и по значениям гидравлических потерь давления в системе спиральных каналов. Верификация численной модели созданной автором по модели, взятой из открытых источников, показывает прием-



лемое качественное и количественное совпадение результатов для случая вязкостной регуляции и подтверждает высокую эффективность предложенного автором комбинированного управления в сравнении только с вязкостным регулированием.

**В третьей главе** разработаны теоретические основы методологии расчета диссипации механической энергии в системах виброзащиты комбинированного типа. Показано, что вязкостное регулирование диссипации механической энергии имеет предел возможных значений изменения реологических характеристик рабочей среды. Тем самым обоснована необходимость поиска методов совершенствования рабочих процессов магнитореологических систем вибрационной защиты и целесообразность применения предлагаемого подхода к формированию управляющего сигнала комбинированного типа.

Разработаны теоретические основы методологии рационализации комбинирования способов поглощения и рассеивания ударных и вибрационных нагрузок. Предложено при формировании управляющего сигнала комбинированного типа сочетать воздействия, непосредственно влияющие на выраженность вязкостной диссипации; воздействия, влияющие на выраженность нейтрализации ударных волн и возмущающих колебаний; воздействия, влияющие на значения скорости распространения (сдвига слоев среды) вследствие ударных и вибрационных нагрузок; воздействия, влияющие на выраженность компенсации нагружения. Рассматриваемые воздействия осуществляются за счет генерирования в объеме магнитореологической рабочей среды магнитогидродинамических, магнитоакустических и магнитореологических эффектов во внешних электромагнитных полях. Предложен метод параметрической оптимизации вклада отдельных составляющих в процесс диссипации механической энергии в системах вибрационной защиты комбинированного типа.

Результаты численного эксперимента иллюстрируют высокую эффективность комбинирования способов поглощения и рассеивания ударных и вибрационных нагрузок, степень выраженности которых регулируется за счет генерирования в объеме магнитореологической рабочей среды магнитогидродинамических, магнитоакустических и магнитореологических эффектов во внешних электромагнитных полях.

**Четвертая глава** посвящена разработке методологии формирования комбинированного управляющего воздействия и методов параметрической оптимизации рабочих процессов магнитореологических систем вибрационной защиты комбинированного типа, включающих в себя: методы активной / полупассивной вибрационной защиты; методы адаптивной виброзащиты объектов при помощи магнитореологических камер с неоднородными диссипативно-жесткостными свойствами; метод определения рабочих параметров системы при гашении ударных волн в ра-



бочих полостях и рабочих камерах магнитореологических систем; метод расчета адаптивного амортизатора, имеющего комбинацию магнитореологической и рессорно-реологической камер.

Результаты компьютерного моделирования систем виброзащиты, применяющих комбинированное управляющее воздействие, показывают требуемые динамические характеристики рабочего процесса.

**Пятая глава** посвящена методологии проектирования и расчета дифференциальных электромагнитных блоков управления магнитореологических и магнитодинамических аппаратов и алгоритмам формирования комбинированного управляющего сигнала. Разработаны общие алгоритмы генерирования управляющих динамических электромагнитных полей со сложной пространственной структурой. Представлена конструктивная реализация предлагаемого комбинированного подхода поглощения и рассеивания ударных и вибрационных нагрузок в жидкостных камерах, заполненных средами, обладающими ферромагнитными свойствами. Разработаны конструкции блоков электромагнитного управления, способных генерировать динамические электромагнитные поля со сложной пространственной структурой и значительно снизить время отработки сигнала индуктором. В основу конструкции блоков электромагнитного управления легли дифференциальные электромагниты и схемные методы оптимизации динамических параметров электрических контуров питания. Разработаны алгоритмы формирования управляющих сигналов комбинированного типа в магнитореологических системах виброзащиты и предложены варианты их аппаратной и программной реализации. Предложены конструкции гибридных гидравлических элементов в комбинированных системах вибрационной защиты и алгоритмы их управления.

**В шестой главе** предложена высокоэффективная запатентованная конструктивная реализация охлаждающего контура магнитореологической системы вибрационной защиты комбинированного типа, использующая для термостатирования принцип термоэлектрического эффекта Пельтье и применяющая для минимизации градиента температур по объему рабочей среды эффект термомагнитной конвекции. Разработаны рекомендации по проектированию и эксплуатации магнитореологических приводных систем, применяющих в составе контуров охлаждения термоэлектрические элементы. Разработана методология проектирования и расчета охлаждающих контуров магнитореологических систем вибрационной защиты комбинированного типа, состоящая из двух этапов: 1 этап - рационализация параметров термоэлектрических элементов, 2 этап - рационализация параметров компрессорной установки. Точность разработанных численных моделей подтверждена экспериментально. Обеспечена надежность систем виброзащиты конструктивным методом, в качестве основных критериев надежности рассмотрены безотказность и ремонтпригодность.



**В заключении** приводятся итоги исследовательской работы.

**В приложении** представлены патенты, свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и акты внедрения результатов диссертационной работы.

Тема диссертационной работы, сформулированные в ней цели и задачи исследования соответствуют паспорту специальности 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин. Перечисленные в заключении основные результаты соответствуют цели и задачам исследования.

Содержание диссертации изложено в логически последовательной форме. Все результаты и выводы имеют отражение в тексте диссертационной работы. Содержание автореферата полностью соответствует диссертации в части основных положений, этапов работ, результатов и выводов.

Публикации в полной мере отражают значимые положения работы. Результаты работы отражены в публикациях в изданиях, рекомендованных ВАК РФ и в журналах, включенных в международную систему цитирования SCOPUS, обсуждались на международных и всероссийских научно-технических конференциях.

Диссертация написана литературным языком с использованием общепринятых терминов. Ясный и четкий стиль изложения текста диссертации соответствует требованиям, предъявляемым к квалификационным научно-исследовательским работам. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК к докторским диссертациям. Диссертационная работа выполнена автором самостоятельно на достаточном научном уровне и представляет собой завершенную работу.

### **Новизна полученных результатов**

При выполнении диссертационной работы соискателем получены следующие научные результаты:

1. Сформулирован новый подход в области совершенствования процессов ВЗ / 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 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.

### **Степень достоверности результатов исследования**

Достоверность научных результатов обуславливается:

Натурными экспериментальными исследованиями опытных образцов разработанных устройств; соответствием результатов математического моделирования с применением теоретических основ гидро- и электродинамики, реологии, законов физики, апробированных численных методов и компьютерного моделирования полученным экспериментальным данным, анализируемым с использованием аппарата математической статистики и теории вероятности.

Результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на многочисленных международных и всероссийских научно-технических конференциях и опубликованы более чем в 60 работах, включая 22 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, 6 статей в журналах, включенных в международные системы цитирования, 3 главы в коллективных моногра-



фиях РАН, 9 патентов, 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Это позволяет говорить о знакомстве достаточно большой аудитории отечественных и зарубежных специалистов и ученых в исследуемой области с работами Найгерта К.В. и свидетельствует об их достоверности.

### **Теоретическая и практическая значимость результатов, полученных автором диссертации**

Теоретическая значимость результатов диссертационной работы заключается в разработанной методологии повышения эффективности ВЗ и ВИ путем совершенствования процессов трансформации (диссипации) механической энергии в рабочих объемах МР и ФЖ сред для систем комбинированного типа. Предложены критерии оценки МР и ФЖ систем с точки зрения теории надежности с последующей формулировкой прикладной теории надежности МР и ФЖ систем. Установлены зависимости, позволяющие на стадии проектирования провести подбор рациональных геометрических и режимных параметров МР систем ВЗ и ВИ комбинированного типа с учетом особенностей рабочего процесса регулирующих МР / МД аппаратов управляющего контура привода.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что разработанная методология дает возможность полностью устранить из конструкций систем ВЗ и ВИ подвижные регулирующие элементы, повышая на один порядок их надежность и динамические характеристики. Кроме этого, на основе предложенной методологии созданы и промышленно внедрены рекомендации по МР системам ВЗ и ВИ комбинированного типа, включающие в себя: разработку МР систем ВЗ и ВИ, оценку динамики и степени диссипации механической энергии, позволяющие провести сравнительный анализ эффективности компоновок МР систем ВЗ и ВИ еще на стадии проектирования. Разработаны и реализованы в виде программных кодов, прошедших государственную регистрацию, алгоритмы и инженерные методики расчета МР систем ВЗ, которые позволяют решать задачу расчета рабочих параметров аппаратов и задачу выбора компоновочных схем МР систем ВЗ и ВИ для конкретного объекта и значительно повысить производительность процесса проектирования и инженерного расчета МР и ФЖ аппаратов. Разработан и защищён патентами широкий ряд МР, МД, ФЖ и ГГ аппаратов, обладающих улучшенными динамическими характеристиками и высокими показателями надежности. Предложенные МР и МД аппараты обладают модульной конструкцией, позволяющей унифицировать конструктивные элементы. Разработанные конструкции реологического дросселя-термостата и МР аппаратов, в рабочие полости которых произведена интеграция термоэлектрических элементов, позволяют повысить эффективность теплообмена в системе и реализовать эффекты термомагнитной конвекции в объемах ФЖ и МР рабочих сред. Предложенные конструктивно-схемные решения систем ВЗ комбинированного типа, использующие дифференци-



альные блоки электромагнитного управления в сочетании с оригинальными алгоритмами их включения и схемами подключения индукторов, обеспечивают создание нестационарных ЭМП с требуемыми структурами и высокими динамическими характеристиками. Наиболее перспективные МР и МД аппараты комбинированного типа внедрены в нефтехимической, аэрокосмической и других отраслях промышленности.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Созданные методологические концепции и новые подходы в диссертационной работе Катарини Валерьевны, а также полученные теоретические положения и результаты экспериментальных исследований позволяют:

- обеспечить решение комплекса задач направленных на совершенствование конструкций и алгоритмов управления адаптивных систем вибрационной защиты;
- производить описание рабочих процессов систем вибрационной защиты комбинированного типа, что дает возможность прогнозировать ожидаемый отклик системы вибрационной защиты на сигнал управления, сформированный сочетанием магнитогидродинамических, магнитоакустических и реологических эффектов;
- создавать конструкции адаптивных систем вибрационной защиты, обладающих высокой прецизионностью и хорошими динамическими показателями, на основе конструкторско-схемных решений, приведенных в диссертационной работе.

### **Замечания по диссертационной работе**

По оформлению работы имеются следующие замечания.

1. На рисунках 1.14-1.16, а также 4.14 диссертации отсутствует обозначение основных элементов рассматриваемых конструкций магнитореологической и рессорно-реологической камер, что затрудняет понимание принципов их работы и особенностей, происходящих в них процессов.
2. В диссертации на стр. 92 в первом абзаце пропущен номер ссылки на источник.
3. Размерность единиц измерений многих рассматриваемых величин не указаны в системе СИ.
4. На графике рисунка 3.1 диссертации и рисунка 12 автореферата не указана единица измерения величины  $D$ , хотя как следует из текста, указанная величина имеет размерность энергии в единицу времени на единицу объёма.
5. Единицы измерения на многих графиках (например, рис. 3.5 стр. 134 и рис. 4.16 стр. 172 диссертации) указаны латиницей, хотя уместнее было бы привести русское написание.



6. В названии рисунка 5.18, стр. 208 указано "Статическая характеристика ...", хотя приведён график зависимости от времени.

7. Автореферат напечатан объёмом 2,4 п.л, однако в положении о присуждении учёных степеней п. 25: по диссертациям, принятым к защите, должен быть напечатан автореферат объёмом до 2 авторских листов для диссертаций на соискание учёной степени доктора наук.

8. Диссертация на соискание ученой степени доктора наук должна быть научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, либо решена научная проблема, имеющая важное политическое, социально-экономическое, культурное или хозяйственное значение, либо изложены новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны. Однако в заключении в явном виде это не отмечено.

По существу можно сделать следующие замечания.

9. Величина времени срабатывания электромагнитов равная 0,05-0,15 с указана как приемлемая (стр. 188). Однако, в работе не представлен диапазон частот и амплитуд колебаний, на борьбе с которыми направлены разрабатываемые устройства, что не позволяет оценить приемлемость указанного времени срабатывания.

10. Не до конца ясна область возможного применения предлагаемых магнитореологических и феррожидкостных систем виброзащиты, кроме рассмотренного случая виброзащиты трубопроводной системы.

11. Не указано, каковы принципы задания граничных условий численной модели, описывающей процесс виброзащиты иных объектов (не трубопроводных систем).

12. Из работы не совсем ясно, почему упор сделан именно на виброзащиту трубопроводных систем, а не выбран более широкий круг объектов виброзащиты.

13. В работе не дан анализ функционально близких методов управления рабочими процессами магнитореологических систем, например, систем, работающих на электрореологических эффектах.

### **Заключение**

Несмотря на отмеченные недостатки, рассмотренная диссертация Найгерт Катарины Валерьевны «ОСНОВЫ ТЕОРИИ И МЕТОДОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАГНИТОРЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ СИСТЕМ ВИБРОЗАЩИТЫ КОМБИНИРОВАННОГО ТИПА» является законченной научно-квалификационной работой, решает сложную и актуальную научную



проблему, внося существенный вклад в развитие теории активной и полупассивной вибрационной защиты объектов, решенные задачи выполнены впервые, полученные результаты способствуют решению множества аналогичных и смежных задач в будущем.

Область исследований и основные научные результаты диссертации соответствуют паспорту специальности 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин. Диссертационная работа соответствует критериям, установленным пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, а ее автор Найгерт Катарина Валерьевна заслуживает присуждения ей ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин.

Отзыв обсужден на заседании кафедры автоматических систем энергетических установок Самарского университета 21 мая 2020 г., протокол № 8.

Отзыв составили:

д.т.н., доцент, профессор кафедры  
автоматических систем  
энергетических установок  
Самарского университета



Г. М. Макарьянц

докторская диссертация защищена по специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин проборов и аппаратуры

443086, г. Самара, Московское шоссе, 34, Самарский университет,  
рабочий телефон (846) 267-46-59, e-mail: georgy.makaryants@gmail.com