

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д.212.173.04  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
МИНОБРНАУКИ РОССИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 16.02.2017 г. протокол № 1

О присуждении Роговой Ольге Валерьевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Линейный электромагнитный двигатель с улучшенными тяговыми характеристиками для виброкомпрессора» по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты, принята к защите 01.12.2016 г., протокол № 12 диссертационным советом Д.212.173.04 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ, 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета №105/НК от 11.04.2012 г.

**Соискатель** Рогова Ольга Валерьевна, 1986 года рождения, в 2009 году окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новосибирский государственный технический университет», в 2012 году окончила очную аспирантуру по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ.

**Работает** старшим преподавателем в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ.

**Диссертация** выполнена на кафедре «Теоретические основы электротехники» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки РФ.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, профессор Нейман Владимир Юрьевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», кафедра «Теоретические основы электротехники», заведующий кафедрой «Теоретические основы электротехники».

**Официальные оппоненты:**

**Угаров Геннадий Григорьевич**, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», кафедра «Электроснабжение и электротехнология», профессор кафедры;

**Татевосян Андрей Александрович**, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет», энергетический институт, кафедра «Электрическая техника», доцент кафедры,

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Чувашская Республика, г. Чебоксары, в своем положительном заключении, подписанном Егоровым Евгением Григорьевичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Электрических и электронных аппаратов», Свинцовым Геннадием Петровичем, доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры «Электрических и электронных аппаратов», и утвержденном проректором по научной работе, доктором экономических наук, профессором Кадышевым Евгением Николаевичем указала, что « Диссертация и автореферат соответствуют областям исследования, паспорта, научной специальности 05.09.01 по техническим наукам, а именно: пп.1 –



«Разработка методов анализа и синтеза преобразователей электрической и механической энергии»; пп.5 – «Разработка подходов, методов, алгоритмов и программ, обеспечивающих проектирование, надежность, контроль и диагностику функционирования электрических, электромеханических преобразователей и электрических аппаратов в процессе эксплуатации, в составе рабочих комплексов».

Представленная к защите диссертационная работа Роговой Ольги Валерьевны «Линейный электромагнитный двигатель с улучшенными тяговыми характеристиками для виброкомпрессора» выполнена на актуальную тему и представляет собой законченную квалификационную научно-исследовательскую работу, в которой изложены новые, научно обоснованные технические решения и разработки по совершенствованию линейных электромагнитных двигателей для электропривода виброкомпрессора.

Диссертация «Линейный электромагнитный двигатель с улучшенными тяговыми характеристиками для виброкомпрессора» соответствует критериям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., а её автор **Рогова Ольга Валерьевна** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.01 – «Электромеханика и электрические аппараты».

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации количество работ 18, 3 работы, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 11 работ в сборниках трудов конференций. В перечень публикаций по теме диссертации входят 3 патента РФ на полезные модели и 1 на изобретение.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации. Авторский вклад в опубликованных работах в объеме 7,74 печатных листа, составляет не менее 80 %

#### **Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:**

1. Нейман, В.Ю. Бытовое компрессорное оборудование с линейным электромагнитным двигателем / В.Ю. Нейман, О.В. Рогова // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. - 2012. - № 2. - С. 257-261.

2. Нейман, Л.А. К исследованию тяговых характеристик электромагнитных приводов с учетом зубчатости элементов магнитопровода / Л.А. Нейман, О.В. Рогова // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. - 2013. - № 1. - С. 100-108.

3. Рогова, О.В. Сравнение тяговых характеристик электромагнитных двигателей с двухсторонней зубчатостью якоря / О.В. Рогова // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. - 2013. - № 2. - С. 317-320.

4. Пат. 112722, МПК F04B45/00. Электромагнитный компрессор / В.Ю. Нейман, О.В. Рогова. – № 2011133626/06; Заявлено 10.08.11; Оpub. 20.01.12, Бюл № 2. - 2 с.: ил.

5. Пат. 116916, МПК F04B45/04. Электромагнитный компрессор / В.Ю. Нейман, Л.А. Нейман, О.В. Рогова. – № 2011151028/06; Заявлено 14.12.11; Оpub. 10.06.12, Бюл № 16. – 2 с.: ил.

6. Пат. 2526852, H02K33/02, H02K1/06. Электромагнитный двигатель (варианты) / Л.А. Нейман, В.Ю. Нейман, О.В. Рогова. – № 2012146808/07; Заявлено 01.11.12; Оpub. 27.08.14, Бюл № 24. – 7 с.: ил.

7. Пат. 149508, H02K33/02. Электромагнитный двигатель / В.Ю. Нейман, Л.А. Нейман, О.В. Рогова. – № 2014106191/07; Заявлено 19.02.12; Оpub. 10.01.15, Бюл № 1. – 2 с.: ил.

8. Рогова, О.В. К вопросу улучшения тяговых характеристик линейных электромагнитных двигателей с зубчатой структурой магнитопровода / О.В. Рогова // Электромеханические преобразователи энергии: материалы: материалы 6 междунар. науч.-техн. конф. – Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2013. – С. 70-73.

9. Рогова, О.В. Расчет магнитной проводимости воздушных зазоров зубчатых магнитных систем / О.В. Рогова // Современные техника и технологии: сб. докл. 20 междунар. науч.-практ. конф. – Томск: ТПУ, 2014. – Т.1. – С. 255-256.

10. Рогова, О.В. К решению задачи повышения точности расчета магнитной проводимости / О.В. Рогова // Современные техника и технологии : сб. докл. 20 междунар. науч.-практ. конф. – Томск: ТПУ, 2014. – Т.1. – С. 257-258.



11. Рогова, О.В. Проектный расчет линейного электромагнитного двигателя с активной зубцово-пазовой зоной для привода виброкомпрессора / О.В. Рогова, В.Ю. Нейман // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2015. – № 2. – С. 213-219.

12. Rogova, O.V. Electromagnetic Motor with an Active Teeth-Slot Zone for Vibration Technologies / O.V. Rogova // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 792: Energy Systems, Materials and Designing in Mechanical Engineering. – P. 67-72.

13. Neyman V. New Construction Types of a Linear Electromagnetic Motor with the Active Teeth-Slot Zone / V. Neyman, O. Rogova // IFOST 2016: Proceedings of the 11d International Forum on Strategic Technology. – 2016. – Vol. 22 – P. 28-32.

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы (все положительные):**

1. Отзыв от **Флюра Рашитовича Исмагилова**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Электромеханика», ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет». Замечание: не указаны допущения, в том числе общепринятые, при разработке инженерной методики расчета.

2. Отзыв от **Харламова Виктора Васильевича**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Электрические машины и общая электротехника», ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения» и **Москалева Юрия Владимировича**, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры «Электрические машины и общая электротехника», ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения». Замечания: 1. В автореферате приводятся разработанные автором методики для проектирования линейных электромагнитных двигателей маломощных компрессоров. Могут ли эти методики использоваться для проектирования линейных электромагнитных двигателей для других механизмов с возвратно-поступательным движением? Для проектирования таких двигателей большей мощности? Необходимы ли дополнительные изменения в приведенные методики в этих случаях? 2. Чем обоснован выбор принятых при моделировании геометрических соотношений зубцово-пазовой зоны линейных электромагнитных двигателей (стр. 10 в автореферате)? 3. В автореферате нет сведений об использовании прикладной программы «FEMM», которая указывается в пункте «Методы исследования» (стр. 4



в автореферате). Неясно, почему нет сравнения результатов расчета магнитных полей по предложенной методике с использованием современных программ ELCUT, Maxwell 2D, Maxwell 3D и других, которые позволяют рассчитывать магнитные поля различных электрических и электромеханических устройств?

3. Отзыв от **Горелова Валерия Павловича**, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Электроэнергетические системы и электротехника» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет водного транспорта». Замечания: 1. На с. 9 автореферата говорится, что диссертация «...посвящена повышению точности расчета магнитной проводимости...» без приведения количественных характеристик. 2. Не акцентируются формулы, полученные лично автором для проведения расчетов (с. 8, 10, 12 в автореферате). 3. В автореферате не везде соблюдены требования ГОСТ Р 7.0.111 – 2011. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления.

4. Отзыв от **Сарапулова Федора Никитича**, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры «Электротехника и электротехнологические системы» ФГБОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина». Замечание: в автореферате отсутствует информация о внедрении разработок автора в практическую деятельность организаций, занимающихся производством компрессоров.

5. Отзыв от **Певчева Владимира Павловича**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Промышленная электроника», ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет». Замечания: 1. Как учитывалась разница в геометрических размерах двигателей при развертке цилиндрических вариантов ЛЭМД при сравнении их между собой? 2. Автором рассматриваются несколько цилиндрических вариантов ЛЭМД различного конструктивного исполнения, однако, какая конструкция является наиболее эффективной в автореферате не рассмотрено. 3. Почему в исследовании автор уделил основное внимание только вариантам ЛЭМД цилиндрической структуры?

6. Отзыв от **Мошкина Владимира Ивановича**, кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Энергетики и технологии металлов», ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет». Замечания: 1. Из автореферата неясно,



при каких условиях и допущениях проводились численные эксперименты? Каковы условия и порядок построения конечно-элементных моделей? 2. В работе не представлена оценка динамических режимов работы линейных электромагнитных двигателей. 3. В работе указано, что расчет магнитной проводимости проводился для диапазона соотношений размеров  $\Delta/a = 0,075 \div 0,2$ , при этом на графике сравнения методик расчета (рисунок 4) представлены результаты исследования только для соотношения  $\Delta/a = 0,075$ . Чем это обусловлено? Каков характер кривых, характеризующих расчетные значения магнитной проводимости для других значений диапазона  $\Delta/a = 0,075 \div 0,2$ .

7. Отзыв от **Кузнецова Андрея Альбертовича**, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Теоретическая электротехника», ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения». Замечания: 1. Из автореферата не совсем понятно, в каком соотношении находятся величины рабочего хода якоря и параметра  $\tau = a + c$ . 2. Учитывалась ли противодействующая сила пружин якоря (рис. 2) на построение зависимостей статических тяговых характеристик (рис. 11)? 3. Не приведено сравнение статических тяговых характеристик ЛЭМД с беззубцовым якорем и предложенной конструкции в плане снижения ударов при работе.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается высокой квалификацией специалистов, многолетней плодотворной работой в области разработки и исследования электромеханических преобразователей энергии и близостью решаемых ими научных задач к тематике диссертационной работы Роговой О.В.

Доктор технических наук, профессор **Угаров Геннадий Григорьевич** является общепризнанным специалистом в области энергопреобразования, исследования рабочих режимов и создания электромеханических преобразователей энергии: для механизации технологических операций холодной штамповки (прессы, молоты); и электромонтажных работ (монтажные молотки, перфораторы), которые были внедрены на ряде предприятий Новосибирской, Саратовской и Курской областей.

Кандидат технических наук, доцент **Татевосян Андрей Александрович** известен своими работами в области разработки и исследования

электромеханических преобразователей энергии, имеет большое количество публикаций по тематике, близкой к оппонируемой диссертационной работе.

**ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»** – один из крупнейших университетов России, специалисты которого занимаются, в том числе, вопросами исследования, проектирования и совершенствования электромеханических преобразователей энергии. Коллектив кафедры «Электрических и электронных аппаратов», возглавляемый кандидатом технических наук, профессором Егоровым Евгением Григорьевичем хорошо известен в научном сообществе своими научными и практическими достижениями в области расчета и проектирования преобразователей электромагнитного типа.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработана** новая идея, обогащающая научную концепцию, позволяющая добиться улучшения тяговых характеристик линейного электромагнитного двигателя для электропривода виброкомпрессоров, за счет создания новых конструкций магнитных систем с зубцово-пазовой зоной, обеспечивающих получение высоких значений тяговых усилий при относительно малых значениях рабочего хода якоря;

**предложен** комплексный подход к расчету магнитной проводимости воздушных зазоров зубцово-пазовой зоны линейного электромагнитного двигателя, представляющий собой сочетание метода вероятных путей потока и результатов конечно-элементного моделирования магнитного поля с учетом эффекта насыщения стали, что обеспечивает повышение точности расчета магнитной проводимости на всем интервале рабочего хода якоря;

**доказана** перспективность использования предлагаемых конструктивных решений линейных электромагнитных двигателей с зубцово-пазовой зоной для электропривода виброкомпрессора, обеспечивающих повышение его эксплуатационных и технических характеристик;

**введены** – новые понятия и термины не введены.



**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказаны** положения о возможности улучшения тяговых характеристик и массогабаритных показателей линейного электромагнитного двигателя для электропривода виброкомпрессора путем разработки новых конструкций магнитных систем с зубцово-пазовой зоной и методик расчета, учитывающих особенности их конструктивного исполнения.

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы** основные положения теории магнитного поля, метод вероятных путей потока (метод Ротерса) и конечно-элементное моделирование магнитного поля;

**изложены** доказательства, позволяющие при изменении конструктивного исполнения и соотношений геометрических размеров элементов магнитных систем получать заданные значения статического тягового усилия и интегральной работы по критерию минимальной массы активных материалов электромагнитного двигателя с зубцово-пазовой зоной;

**раскрыта** и выявлена новая проблема существующих методик расчета магнитной проводимости воздушных зазоров зубцово-пазовой зоны, основанных на методе вероятных путей потока, связанная с увеличением относительной погрешности расчетных значений магнитной проводимости;

**изучено** влияние конструктивного исполнения и геометрических соотношений элементов магнитной системы с зубцово-пазовой зоной на характер распределения магнитного поля и значения статического тягового усилия, что позволяет обосновывать рациональные конструкции электромагнитного двигателя с улучшенными тяговыми характеристиками;

**проведена модернизация** существующего подхода к расчету магнитной проводимости, основанного на методе вероятных путей потока, позволяющая получать уточненные значения магнитной проводимости с учетом характера распределения магнитного поля и значений индукции в стали; и методики расчета геометрических соотношений электромагнитного двигателя, учитывающей значения геометрических соотношений зубцово-пазовой зоны и обеспечивающей получение

конструкций с высокими максимальными значениями статического тягового усилия в минимальном объеме магнитной системы.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**разработана и внедрена** методика расчета и выбора конструктивного исполнения и геометрических соотношений элементов магнитной системы с зубцово-пазовой зоной по критерию максимального тягового усилия при минимальном объеме магнитной системы, обеспечивающая получение рациональных конструкций электромагнитных двигателей с улучшенными тяговыми характеристиками;

**определены** перспективы практического использования результатов диссертационного исследования при проектировании электромагнитных двигателей с зубцово-пазовой зоной для электропривода виброкомпрессора;

**создана** система практических рекомендаций по расчету и выбору конструктивного исполнения и геометрических соотношений новых конструкций электромагнитных двигателей с зубцово-пазовой зоной, обеспечивающих получение максимальных значений статического тягового усилия при минимальном расходе активных материалов;

**представлены** методические рекомендации по дальнейшему совершенствованию аналитических расчетов магнитной проводимости воздушных зазоров зубцово-пазовой зоны за счет учета эффекта насыщения стали и характера распределения магнитного поля, а так же по расчету и выбору рациональных геометрических соотношений линейного электромагнитного двигателя с зубцово-пазовой зоной.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** подтверждена высокая воспроизводимость результатов аналитических расчетов в сравнении с результатами численного эксперимента при различных геометрических соотношениях и конфигурациях зубцово-пазовой зоны электромагнитного двигателя; высокая степень достоверности результатов конечно-элементного моделирования магнитного поля подтверждена данными физического эксперимента;



**теория** построена на известных, проверяемых данных с использованием многократно апробированных математических моделей, аналитических методов расчета и согласуется с опубликованными независимыми экспериментальными данными по теме диссертации;

**идея базируется** на обобщении передового опыта и анализе современных исследований и дальнейшем развитии известных технических решений в области разработки и создания линейных электромагнитных двигателей с зубцово-пазовой зоной для электропривода виброкомпрессоров;

**использованы** сравнения авторских результатов исследования линейных электромагнитных двигателей с зубцово-пазовой зоной с данными экспериментальных и теоретических исследований, полученных ранее по рассматриваемой тематике;

**установлено** качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

**использованы** современные методы конечно-элементного моделирования магнитного поля в программном продукте FEMM.

**Личный вклад соискателя состоит** в активной работе на всех этапах: при проведении серии численных экспериментов и аналитических расчетов; в самостоятельной разработке методики расчета магнитной проводимости воздушных зазоров зубцово-пазовой зоны линейного электромагнитного двигателя; в подготовке основных публикаций и патентных документов по тематике диссертационной работы (совместно с д-р техн. наук, профессором Нейман В.Ю.); личном участии в апробации основного содержания диссертации на международных и всероссийских конференциях. Подготовка основных публикаций по выполненной работе не менее чем на 80 % проведена лично автором.

Диссертация написана соискателем самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

Диссертация выполнена на актуальную тему и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые, научно

обоснованные технические решения и методики расчета, обеспечивающие совершенствование линейных электромагнитных двигателей с зубцово-пазовой зоной для электропривода виброкомпрессора. Решение поставленных в диссертационной работе задач, имеет важное значение при проектировании, разработке и создании виброимпульсного технологического электромагнитного оборудования.

На заседании 16 февраля 2017 г. диссертационный совет принял решение присудить Роговой О.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве «19» человека, из них «7» докторов наук по специальности 05.09.01, участвовавших в заседании, из «25» человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – «нет» человек, проголосовали: за присуждение учёной степени «19», против присуждения учёной степени «нет», недействительных бюллетеней «нет».

Заместитель председателя  
диссертационного совета,  
д-р техн. наук, профессор

Харитонов Сергей Александрович

Ученый секретарь  
диссертационного  
д-р техн. наук, про

Нейман Владимир Юрьевич

16 февраля 2017 г.