

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.285.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА»,
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 28.03.2018 г. № 7

О присуждении Мошкину Владимиру Ивановичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Импульсные линейные электромагнитные двигатели для технологий с высококонцентрированными потоками энергии» по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты принята к защите 20 декабря 2017 г. (протокол заседания № 16) диссертационным советом Д 212.285.03, созданным на базе ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; созданным приказом Минобрнауки России № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель, Мошкин Владимир Иванович, 1949 года рождения, кандидат технических наук с 1992 г., диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук «Импульсные линейные электромагнитные двигатели с регулируемыми выходными параметрами» защитил в 1992 году в диссертационном совете, созданном на базе Томского политехнического института им. С.М. Кирова; работает в должности заведующего кафедрой энергетики и технологии

металлов ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре энергетики и технологии металлов ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», Минобрнауки России.

Научный консультант – доктор технических наук, профессор, Угаров Геннадий Григорьевич, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», кафедра электроснабжения и электротехнологии, профессор.

Официальные оппоненты:

Симонов Борис Ферапонтович, доктор технических наук, старший научный сотрудник, ФГБУН Институт горного дела им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, лаборатория силовых электромагнитных импульсных систем, заведующий лабораторией;

Аипов Рустам Сагитович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа, кафедра электрических машин и электрооборудования, профессор;

Певчев Владимир Павлович, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», кафедра промышленной электроники, профессор

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь – в своем положительном отзыве, подписанном Кавалеровым Борисом Владимировичем, доктором технических наук, доцентом, заведующим кафедрой электротехники и электромеханики, указала, что диссертация Мошкина В.И. является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложен комплекс новых научно обоснованных технических решений, внедрение которых вносит

значительный вклад в развитие страны, что соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а её автор, Мошкин В.И., заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.09.01 – Электромеханика и электрические аппараты.

Соискатель имеет 110 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликована 81 работа, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 19 работ. Другие публикации по теме диссертации представлены в виде 13 патентов Российской Федерации на изобретения; 1 авторского свидетельства СССР; 4 монографий; 43 статей и 1 тезиса доклада, опубликованных в международных (2) и российских научных журналах (20), сборниках научных трудов (4), сборниках материалов всероссийских (7) и международных (11) научных конференций. Общий объем опубликованных работ – 79,0 п.л., авторский вклад – 28,38 п.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК:

1. Мошкин, В.И. К расчёту усилия удержания интегрированного линейного электромагнитного двигателя /В.И. Мошкин //Электротехника. 2013. № 8. –С. 60-63 (0,25 п.л.).

2. Мошкин, В.И. Математическое моделирование импульсных линейных электромагнитных двигателей. / В.И. Мошкин, Г.Г. Угаров, Д.Н. Шестаков, С.Ю. Помялов // Актуальные проблемы электронного приборостроения. АПЭП-2014. Материалы Международной научно-технической конференции. Том. 2. – Саратов: Изд-во СГТУ. 2014. – С. 348-352 (0,31 п. л. / 0,1 п. л.) (Scopus).

3. Мошкин, В.И. Оценка эффективности способов концентрации магнитной энергии в импульсных линейных электромагнитных двигателях / В.И. Мошкин, Г.Г. Угаров // Актуальные проблемы электронного приборостроения. АПЭП-2014. Материалы Международной научно-технической конференции. Том. 2. – Саратов: Изд-во СГТУ. 2014. – С. 344-348 (0,31 п. л. / 0,2 п. л.). (Scopus).

4. Мошкин, В.И. Влияние импульсных линейных электромагнитных двигателей на колебания напряжения в электрической сети промышленного предприятия / В.И. Мошкин, Г.Г. Угаров // Электротехника. 2015. № 2. – С.16-21 (0,38 п.л. / 0,2 п.л.).

5. Мошкин, В.И. Определение основных геометрических параметров импульсного линейного электромагнитного двигателя по значению максимального тягового усилия / В.И. Мошкин, Г.Г. Угаров // Научное обозрение. 2015. №3. – С. 18-23 (0,38 п. л. / 0,2 п. л.).

6. Moshkin, V.I. The effect of pulse linear electromagnetic motors on voltage fluctuations in electric power networks of an industrial enterprise / V.I. Moshkin, G.G. Ugarov // Russian Electrical Engineering Volume 86, Issue 2, 1 February 2015, Pages 61-65 (0,31 п. л. / 0,2 п. л.).

7. Мошкин, В.И. Предельная магнитная энергия электромеханического преобразователя электромагнитного типа / В.И. Мошкин, Г.Г. Угаров // Актуальные проблемы электронного приборостроения. АПЭП-2016. Материалы Международной научно-технической конференции. Том. 2. – Саратов: Изд-во СГТУ. 2016. – С. 424-428 (0,31 п. л. / 0,2 п. л.). (Scopus).

8. Мошкин, В.И. Электромеханические характеристики импульсных линейных электромагнитных двигателей продольного магнитного поля в функции перемещения / В.И. Мошкин, Г.Г. Угаров // Актуальные проблемы электронного приборостроения. АПЭП-2016. Материалы Международной научно-технической конференции. Том. 2. – Саратов: Изд-во СГТУ, 2016. – С. 408-415 (0,5 п. л. / 0,3 п. л.).

9. Moshkin, V.I. Pulsing linear electromagnetic motor mechanical work within the desaturated magnetic system / V.I. Moshkin // 2017 International Conference on Industrial Engineering, Application and Manufacturing (ICIEAM). IEEE Conference Publications, 2017. – Pages 1-4 (0,25 п. л.).

10. Мошкин, В.И. Условия отрыва якоря интегрированного линейного электромагнитного двигателя / В.И. Мошкин. // Электротехника. 2017. № 1. – С.16-21 (0,38 п. л.).

Патенты и программы:

11. А.с. № 1810963А1 Н02К 33/02. Электромагнитный двигатель /Э.Ф. Маер, А.Г. Баталов, В.И. Мошкин, и И.П. Попов. 23.04.93. БИ №15.

12. Патент RU №2018652, E21C 3/16. Электрический молот. / Э.Ф. Маер, В.И. Мошкин, И.П. Попов (РФ). 4712733/03; заявл. 03.07.89; опубл. 30.08.1994.

13. Патент RU №2026792, МПК В30В1/42 /Э.Ф. Маер, А.Г. Баталов, В.И. Мошкин, В.Ф. Мошкина. Электромагнитный пресс. Опубл. 20.01.1995.

14. Патент RU № 2601727 С1. Электромагнитный пресс. МПК В30В 1/42, В 21J 7/30, Н02 К 33/02 /В.И. Мошкин, Г.Г. Угаров, К.М. Усанов, Д.Н. Шестаков, С.Ю. Помялов. Опубл. 10.11.2016. Бюл. №31.

15. Патент RU № 2604356 С1. Импульсный электромагнитный привод. Н 02 К 33/02, Н 01 F 7/18 /В.И. Мошкин, Г.Г. Угаров, К.М. Усанов, Д.Н. Шестаков, С.Ю. Помялов. Опубл. 10.12.2016. Бюл. №34.

На диссертацию и автореферат поступили положительные отзывы:

1. Воденникова Дмитрия Александровича, заместителя Председателя Правления – главного инженера ПАО «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы», г. Москва. Без замечаний.

2. Шевченко Александра Федоровича, д-ра техн. наук, проф., заведующего кафедрой электромеханики ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет». Содержит замечания, касающиеся влияния остаточной магнитной энергии на КПД двигателя, вихревых токов на

эффективность электромеханических режимов двигателя и недостаточности внимания зарубежным публикациям по теме.

3. Вахниной Веры Васильевны, д-ра техн. наук, проф., заведующей кафедрой «Электроснабжение и электротехника», и **Кувшинова Алексея Алексеевича**, д-ра техн. наук, доц., профессора кафедры «Электроснабжение и электротехника» ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет». Содержит замечание, касающееся требований к источнику питания обмотки возбуждения линейного электромагнитного двигателя для обеспечения надежной и экономичной работы с заданными выходными параметрами.

4. Фоминых Антона Анатольевича, канд. техн. наук, и.о. заведующего кафедрой электрических машин и аппаратов им. А.С. Большева, и **Шестакова Александра Вячеславовича**, канд. техн. наук, доц., доцента кафедры электрических машин и аппаратов им. А.С. Большева ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров. Содержит вопросы, касающиеся исследования температурных полей обмоток и магнитных систем представленных конструкций ЛЭМД; сравнения КПД представленных конструкций ЛЭМД (с питанием обмоток возбуждения постоянным током) с КПД таких же ЛЭМД с питанием обмоток переменным током.

5. Ковалева Владимира Захаровича, д-ра техн. наук, проф., заведующего кафедрой энергетики ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет», г. Ханты-Мансийск. Содержит замечания о влиянии кратности изменения индуктивности и тока на магнитный КПД электромагнитного двигателя; об учете потерь в стали (вихревые токи и гистерезис) и о погрешности, вносимой в расчеты неучетом этих потерь.

6. Вигриянова Павла Георгиевича, д-ра техн. наук, доц., профессора кафедры «Электрооборудование и автоматизация производственных процессов» филиала ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» в г. Златоусте. Содержит вопросы и замечания, касающиеся отсутствия экспликаций в ряде формул;

участия потоков рассеяния при энергопреобразовании; количественной оценке показателей надежности и экономичности; общего КПД двигателя; причины выбора радиуса якоря, больше расчетного; отсутствия подтверждения факта совпадения статических и динамических характеристик рассматриваемого двигателя; неоднозначности утверждения о росте КПД и энергии удара с ростом нагрузки.

7. Исмагилова Флюра Рашитовича, д-ра техн. наук, проф., заведующего кафедрой электромеханики ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», г. Уфа. Содержит замечания, касающиеся укрупнения задач исследования; диапазонов применимости аппроксимирующей функции для кривой намагничивания стали; указания численного спектра распределения магнитной индукции.

8. Ерошенко Геннадия Петровича, д-ра техн. наук, проф., профессора кафедры «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии», и **Бакирова Сергея Мударисовича**, канд. техн. наук, доцента кафедры «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», г. Саратов. Содержит замечание об отсутствии в автореферате методик и материалов экспериментальных исследований и рекомендацию по построению шкалы типоразмеров электромагнитного двигателя.

9. Голембиовского Юрия Мичиславовича, д-ра техн. наук, проф., профессора кафедры «Системотехника» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов. Содержит вопросы о причинах преимущества способа аккумуляирования магнитной энергии путем удержания якоря перед способом форсировки; о влиянии вихревых токов и насыщения стали на процесс энергопреобразования на этапе холостого хода.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями в области электромеханики, их высокой научной компетентностью в области линейного электро-

привода и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная концепция реализации энергоэффективных режимов магнитомеханического преобразования энергии для класса специальных электрических машин – электромагнитных машин ударного действия, используемых в импульсных технологиях; новая идея, обогащающая научную концепцию, позволяющая добиться улучшения удельных силовых и энергетических показателей линейного электромагнитного двигателя для машин ударного действия за счет создания новых конструкций магнитных систем с двумя рабочими зазорами и устройством удержания якоря, а так же за счет предварительного аккумулирования магнитной энергии рабочих зазоров импульсного линейного электромагнитного двигателя на этапе трогания якоря для повышения его энергии удара и КПД;

предложена оригинальная научная гипотеза о соотношении между интегральной работой и работой по преодолению противодействующего усилия, с одной стороны, и энергией удара (кинетической энергией) импульсного ЛЭМД, с другой, когда это соотношение определяется не детерминированным коэффициентом, а магнитным КПД того энергетического режима, по которому функционирует импульсный ЛЭМД, и установлен диапазон изменения магнитного КПД от нуля до единицы;

доказана перспективность увеличения количества рабочих зазоров электромагнитного двигателя, что позволит в два и более раз увеличить его магнитную энергию.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения о возможности увеличения энергии удара (рабочего хода) и КПД электромагнитного двигателя в приводе редкоударных машин в два и более раза при росте усилия удержания якоря путем его задерж-

ки для повышения тока трогания; в результате чего удельная энергия удара двигателя достигла 9 Дж/кг;

применительно к проблематике диссертации эффективно использован комплекс существующих базовых методов исследования энергопреобразования в электромеханике, что позволило описать поведение энергетических характеристик (энергии удара и КПД) импульсного ЛЭМД с единых позиций теории электрических машин;

изложены доказательства, позволяющие получить соотношения между потерями холостого хода и нагрузочными электромагнитного двигателя, при которых с ростом усилия удержания растут нагрузочные потери, при этом растет КПД, достигая максимума, когда потери холостого хода и нагрузочные одинаковы;

раскрыты существенные признаки повышения механической работы импульсного ЛЭМД при росте неоднородности магнитного поля рабочих зазоров вследствие увеличения кратности изменения индуктивности;

изучены основные электромеханические характеристики ЛЭМД для эффективных энергетических режимов при различных состояниях магнитных систем, что позволяет расширить область технологического применения ЛЭМД; области допустимой работы ЛЭМД, исходя из заданного уровня колебаний напряжения, вызванного работой линейного электромагнитного привода, при питании его от электрических сетей промышленных предприятий и силовых трансформаторов.

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

разработаны и внедрены:

- электромагнитные машины на операциях погружения стержневых заземлителей в грунт (ООО «Инко Строй-Монтаж», г. Саратов), на операциях сводообрушения в мукомольном производстве (Саратовская область);
- материалы диссертационной работы были переданы в ООО «СарЭлектро» в виде технической документации в составе рабочих чертежей и опытного

образца электромагнитного пресса усилием 8 кН с блоком питания и управления; в ООО НПП «АВИАСТЭК» в виде технологической документации на три типоразмера импульсных ЛЭМД для изготовления и реализации; изготовленные двигатели с 2009 г. поставляются по заказам организациям для механизации различных технологических процессов;

- методики расчета основных параметров ЛЭМД по заданным работе и тяговому усилию;

определены оптимальные геометрические параметры и соотношения основных размеров магнитной системы ЛЭМД по критериям «удельная интегральная механическая работа» и «удельное тяговое усилие»; для заданной интегральной работы и превышения температуры определены оптимальные значения параметров: $x = r_2/r_1 = 1,5 \dots 1,6$; $y = l_k/r_1 = 2 \dots 4$, где r_1 – радиус втяжной части якоря; r_2 , l_k – внешний радиус и длина обмотки для ЛЭМД с двумя рабочими зазорами и комбинированным якорем; для ЛЭМД с укороченной длиной магнитной системы $x = 1,4 \dots 1,5$; $y = 1,5$; с поперечным магнитным полем $x = 1,4 \dots 1,5$; $y = 1,1 \dots 1,2$;

создана система практических рекомендаций по расчету и выбору конструктивного исполнения и геометрических соотношений новых конструкций электромагнитных двигателей со встроенным устройством удержания якоря, обеспечивающих получение максимальных значений энергии удара и КПД при минимальном объеме активных материалов;

представлены методические рекомендации по практическому использованию разработанных импульсных ЛЭМД для привода высоковольтных вакуумных выключателей; для осуществления впрыска ингибиторов в паропроводы высокого давления тепловых электростанций и для процессов плазменной (дуговой) наплавки при восстановлении колесной пары железнодорожных вагонов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ показана сходимость результатов вычислительных и натурных экспериментов;

теория основана на положениях и закономерностях электромеханического преобразования энергии и расчете электрических магнитных цепей, методе электрических и магнитных схем замещения, методе конечных элементов и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на обобщении передового опыта и анализе потребности разработки простых и надежных конструкций импульсных ЛЭМД;

использованы научные труды российских и зарубежных специалистов, материалы научно-технических конференций и семинаров;

установлено качественное и количественное соответствие результатов диссертации с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике;

использованы современные методы исследования электромагнитных и электромеханических процессов в импульсных линейных электромагнитных двигателях, современные методы конечно-элементного моделирования магнитного поля в программном комплексе Elcut и физического моделирования, а также натурных экспериментов на разработанных опытно-промышленных образцах ЛЭМД.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в определении и формулировании основных направлений научного поиска, постановке исследования, апробации результатов, обработке и интерпретации экспериментальных данных, подготовке всех публикаций, формулировании выводов и защищаемых положений диссертации.

Диссертационная работа Мошкина В.И. является завершенной, самостоятельной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней. В диссертационной работе на основании выполненных автором исследований предложен комплекс новых научно обоснованных технических решений, обеспечивающих совер-

шенствование линейных электромагнитных двигателей, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

На заседании 28 марта 2018 г. диссертационный совет принял решение присудить Мошкину В.И. ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета



Сарапулов Федор Никитич

Ученый секретарь

диссертационного совета

Зюзев Анатолий Михайлович

28.03.2018 г.