

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д 218.010.01 на базе федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения» (РОСЖЕЛДОР)
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 14.11.2016 г., №3

О присуждении Зарифьяну Александру Александровичу, Россия, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение энергетической эффективности пассажирских электровозов с асинхронным тяговым приводом при питании от сети постоянного тока» по специальности 05.22.07 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация» принята к защите 30.08.2016 г., протокол №2, диссертационным советом Д 218.010.01 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (РОСЖЕЛДОР, 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2. Приказ Минобрнауки РФ № 714/нк от 02.11.2012 г.), далее – ФГБОУ ВО РГУПС.

Соискатель Зарифьян Александр Александрович, 1991 года рождения, в 2013 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Российский государственный технический университет (НПИ)» по специальности «Управление и информатика в технических системах». Является аспирантом ФГБОУ ВО РГУПС (заочная форма обучения) по специальности 05.22.07 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация». Работает в должности инженера по тяговым системам 2-й категории отдела тяговых систем ООО «Технологии рельсового транспорта» (филиал в г. Новочеркасске) с 2013 года по настоящее время.

Диссертация выполнена на кафедре «Электрические машины и аппараты» в ФГБОУ ВО РГУПС.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Колпахчян Павел Григорьевич, заведующий кафедрой «Электрические машины и аппараты» ФГБОУ ВО РГУПС.

Официальные оппоненты: Грищенко Александр Васильевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Локомотивы и локомотивное хозяйство» федерального бюджетного государственного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»; Кожемяка Николай Михайлович – кандидат технических наук, технический директор ЗАО «Научно-технический центр «ПРИВОД-Н», г. Новочеркаск – дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (АО «ВНИКТИ», г. Коломна), в своем положительном заключении, подписанном заведующим научно-исследовательским и конструкторским бюро по электрооборудованию и микропроцессорным системам к.т.н. Клименко Юрием Ивановичем, заведующим отделом тяговых и вспомогательных статических преобразователей, к.т.н. Перфильевым Константином Степановичем, ученым секретарем НТС Гусаровым Константином Бори-

совичем и утвержденном генеральным директором д.т.н., профессором Косовым Валерием Семеновичем, указала, что диссертация Зарифьяна А.А. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой путем статистической обработки записей бортового регистратора получена зависимость КПД электровоза от реализуемой им мощности, построена аналитическая аппроксимация этой зависимости, создан алгоритм адаптивного автоматического управления энергетической эффективностью электровоза с многодвигательным тяговым приводом путем регулирования мощности и числа работающих двигателей, путем компьютерного моделирования получены оценки сокращения расхода электрической энергии для движения пассажирского поезда с различными скоростями по типовым участкам условных профилей при использовании предлагаемого алгоритма, подтверждена достоверность результатов компьютерного моделирования, изложены новые научно обоснованные технические решения и разработки по повышению энергетической эффективности пассажирских электровозов с асинхронным тяговым приводом, что имеет существенное значение для развития железнодорожного транспорта страны.

Соискатель имеет 16 опубликованных работ по теме диссертации общим объемом 7,68 п.л. (личный авторский вклад 5,75 п.л.), в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК, и 2 - в изданиях, входящих в базу Scopus. Подана заявка на патент на изобретение. В публикациях представлены: анализ показателей энергетической эффективности электровоза; вид зависимости КПД электровоза от мощности; алгоритм повышения энергетической эффективности; результаты компьютерного моделирования, что позволило предложить способ сокращения расхода электрической энергии на тягу поездов. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Зарифьян А.А. (мл.) Алгоритм повышения энергетической эффективности электровозов с асинхронным тяговым приводом при питании от сети постоянного тока // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения – 2016. – №1. – С. 50-61.

2. Андрющенко А.А., Зарифьян А.А. (мл.), Колпахчьян П.Г. Показатели энергетической эффективности пассажирских электровозов с асинхронным тяговым приводом при питании от сети постоянного тока. // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2015. – №2. – С. 21-29.

3. Андрющенко А.А., Зарифьян А.А. (мл.), Колпахчьян П.Г. Повышение энергетической эффективности пассажирских электровозов с асинхронным тяговым приводом // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2015. – № 4. – С. 5-14.

4. Kolpahchyan, P.G., Zarifyan A.A. (Jr) Study of the asynchronous traction drive's operating modes by computer simulation. Part 1: Problem formulation and computer model (Исследование режимов работы асинхронного тягового привода методами компьютерного моделирования. Часть 1: Постановка задачи и компьютерная модель) // Transport Problems. International scientific journal. – 2015. – Vol. 10, Issue 2. – P. 125-136.

5. Kolpahchyan, P.G., Zarifyan A.A. (Jr) Study of the asynchronous traction drive's operating modes by computer simulation. Part 2 : Simulation results and analysis (Исследование режимов работы асинхронного тягового привода методами компьютерного моделирования. Часть 2: Результаты моделирования и анализ) // Transport Problems. International scientific journal. – 2015. – Vol. 10, Issue 3. – P. 5-15.

На автореферат диссертации поступило 7 отзывов.

1. Отзыв к.т.н., заместителя начальника Департамента технической политики ОАО «РЖД» Д.Л. Киржнера. Замечания: **1.** В автореферате нет каких-либо оценок экономического эффекта, достигаемого за счет реализации предлагаемого алгоритма управления. **2.** В автореферате не указана информация о величине критерия энергоэффективности, по которому принимается решение об изменении числа включенных тяговых двигателей (блок 5 блок-схемы на рисунке 3).

2. Отзыв к.т.н., доц. кафедры «Локомотивы» Белорусского государственного университета транспорта С.Я. Френкеля. Замечания: **1.** Из автореферата не ясно, рассматривалась ли достоверность значений касательной силы тяги фиксируемых бортовым регистратором, что могло повлиять на результаты исследования показателей энергетической эффективности электровоза (стр. 9). **2.** Из автореферата не ясно, рассматривалось ли при построении путем обработки экспериментальных данных зависимости КПД электровоза от мощности возможное влияние на КПД скорости движения поезда (стр. 12).

3. Отзыв д.т.н., проректора по научной работе ФГБОУ ВО ОмГУПС, зав. кафедрой «Технология транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава», С.Г. Шантаренко, и к.т.н., доцента кафедры «Подвижной состав электрических железных дорог» В.О. Мелька. Замечания: **1.** В автореферате отсутствует информация о том, с какой скоростью необходимо увеличивать (уменьшать) тяговую нагрузку двигателей, чтобы исключить недопустимые динамические удары в тяговом приводе и колебания силы тяги на автосцепке. **2.** В работе в основном рассматриваются электровозы двойного питания с АТП при работе на участках, электрифицированных постоянным током 3 кВ. Разве предложенные автором решения нельзя использовать на указанных электровозах при работе на участках переменного тока 25 кВ?

4. Отзыв к.т.н., начальника Отдела новых локомотивов Проектно-конструкторского бюро локомотивного хозяйства – филиала ОАО «РЖД» (ПКБ ЦТ) В.В. Зака.. Замечания: **1.** Было бы полезно привести зависимости КПД и силы тяги не только от мощности на тягу, но и от мощности, потребляемой электровозом из контактной сети. **2.** В четвертой главе было бы целесообразно привести оценки энергетической эффективности электровоза при питании от сети переменного тока. **3.** В пятой главе, в число дополнительных требований, включить условие выравнивания ресурса моторно-осевых подшипников, а также колесных пар.

5. Отзыв зав. кафедрой «Электропоезда и локомотивы» ФГОУ ВО МГУПС д.т.н., доцента О.Е. Пудовикова. Замечания: **1.** Из текста автореферата не ясно, удовлетворяют ли реализуемые в процессе имитационного моделирования режимы движения поездов (глава 4) требованиям энергооптимальности. Возможно, что при использовании энергооптимальных траекторий движения поездов, внедрение предлагаемого алгоритма не дало бы столь существенного снижения расхода электроэнергии. **2.** В автореферате следовало бы отразить методику определения числа тяговых двигателей с целью достижения максимальной энергетической эффективности (блок 6 на рисунке 3 - схеме алгоритма управления энергетической эффективностью).

6. Отзыв д.т.н., проф. кафедры «Тяговый подвижной состав» Российской открытой академии транспорта Московского государственного университета путей сообщения Императора Николая II Пашкова Н.Н. Замечание: **1.** В автореферате (на рис. 3 и 4), и в диссертации (на рис. 2.11 и 3.7) представлены блок-схема алгоритма

и структурная схема управления силой тяги электровоза, обеспечивающие энергетическую эффективность. Однако ни в автореферате, ни в диссертации нет ответа на возникший при чтении диссертации вопрос: какие именно тяговые двигатели будут отключаться с помощью «регулятора количества ТЭД в режиме тяги» при частичной нагрузке локомотива?

7. Отзыв научного руководителя лаборатории «Вычислительная механика» ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», д.ф.-м.н., профессора Д.Ю. Погорелова и к.т.н., доцента каф. «Подвижной состав железных дорог» В.А. Симонова. Замечание: 1. Всякая модель, в том числе и компьютерная, строится на основе определенных допущений, позволяющих перейти к ее реализации. При описании компьютерной модели поезда не лишним было бы краткое перечисление основных предпосылок и допущений, положенных в основу формирования как механической, так и электрической части модели электровоза и поезда.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации, согласно «Положению о присуждении ученых степеней», обоснован достижением ряда значимых результатов в рассматриваемой области исследований, их непосредственной причастностью к специальности, по которой происходила защита диссертации, публиационной активностью, наличием опыта работы в области создания новой транспортной техники и подготовки научных кадров, наличием соответствующих ученых степеней.

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

– разработаны: концепция, обеспечивающая стабилизацию мгновенных значений КПД электровоза при работе с частичной нагрузкой на уровне номинального значения КПД, имеющего место при полной нагрузке; алгоритм, реализующий эту концепцию; компьютерная модель пассажирского электровоза с асинхронным тяговым приводом как управляемой электромеханической системы, причем реализовано индивидуальное (поосное) регулирование силы тяги; компьютерная модель пассажирского поезда, включающего электровоз и состав, позволяющая воспроизводить режим ведения поезда по заданному участку и рассчитывать основные показатели энергопотребления;

– предложены: научно обоснованный подход, заключающийся в целенаправленном приведении числа работающих тяговых двигателей в соответствие с тяговой нагрузкой на локомотив; структура системы управления асинхронным тяговым приводом электровоза, включающая разработанный алгоритм; опирающееся на результаты компьютерного моделирования и подтвержденное в ходе опытных поездок обоснование сокращения энергопотребления на тягу при использовании разработанного алгоритма;

– доказаны: возможность экономии электроэнергии на типовых участках условных профилей: при движении со скоростью 72 км/ч – до 18...25%, при скорости 126 км/ч – до 6...10% и на высокой скорости (до 180 км/ч) – в пределах 3%; перспективность применения разработанного алгоритма не только на пассажирских, но и на грузовых электровозах, а также на электропоездах;

– введено в рассмотрение понятие «алгоритм адаптивного автоматического управления энергетической эффективностью пассажирского электровоза с асинхронным тяговым приводом».

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказана** работоспособность предложенного соискателем способа повышения энергетической эффективности электровозов с асинхронным тяговым приводом при питании от сети постоянного тока, основанного на приведении числа работающих тяговых двигателей в соответствие с мощностью, реализуемой локомотивом;

- **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** методы статистической обработки больших массивов экспериментальных данных; формальной логики (при составлении алгоритма управления); теории электрических цепей (при моделировании электрической части электровоза); формальный метод Ньютона-Эйлера (при моделировании механической части); компьютерного моделирования с помощью программного комплекса «Универсальный Механизм» (при построении моделей электровоза и пассажирского поезда);

- **изложены** основные проблемы, возникающие в процессе преобразования энергии пассажирским электровозом с асинхронным тяговым приводом: определение вида зависимости коэффициента полезного действия от коэффициента использования мощности; проблема минимизации потребления энергии из контактной сети; дополнительные требования, возникающие при изменении числа одновременно работающих тяговых двигателей;

- **раскрыты** пути решения этих проблем, позволившие в конечном итоге обеспечить повышение энергетической эффективности пассажирского электровоза с асинхронным тяговым приводом при питании от сети постоянного тока за счет регулирования числа двигателей, находящихся в режиме тяги.

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

- **разработан и рекомендован к внедрению** на предприятиях транспортного машиностроения (ЗАО «Трансмашхолдинг») инженерный метод повышения энергетической эффективности асинхронного тягового привода электровозов, включающий модернизацию автоматических систем регулирования и силовых преобразователей, характеристик механической части электропривода и значительного сокращения потерь за счет организации более совершенного управления тяговым приводом за счет регулирования числа работающих двигателей;

- **определенны** перспективы практического использования разработанного способа повышения энергетической эффективности, причем не только для пассажирских электровозов серии ЭП20, но и для грузовых электровозов типа 2ЭС5С, а также электропоездов, что даст значительный экономический эффект;

- **создана** система практических рекомендаций по усовершенствованию систем управления тягой перспективных электровозов с повышенными эксплуатационными показателями;

- **представлены** методические рекомендации по разработке компьютерных моделей электровозов, которые применяются в процессе создания новых локомотивов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

- **для получения экспериментальных результатов** использовано сертифицированное измерительное оборудование (бортовой регистратор). Массивы записей, полученных в ходе штатной эксплуатации электровозов ЭП20 на путях ОАО «РЖД», были подвергнуты статистической обработке при помощи специализированных программных комплексов;

- **идея базируется** на известных практических данных по влиянию режимов работы тягового оборудования на эксплуатационный КПД локомотива, опубликованных в технической литературе, согласно которым при работе локомотива с неполной нагрузкой удается снизить потребление электроэнергии за счет отключения части тяговых двигателей. Развитием идеи является выбор мгновенной полезной мощности электровоза в качестве критерия для регулирования числа работающих тяговых двигателей в режиме реального времени, что реализовано в разработанном алгоритме;

- **теоретические методы и подходы** базируются на анализе вышеуказанных экспериментальных данных, применены методы формальной логики, теории электрических цепей; формальный метод Ньютона-Эйлера; методы компьютерного моделирования;

- **компьютерные модели получены** при корректных допущениях, результаты моделирования согласуются с данными, полученными опытным путем;

- **установлена** устойчивая сходимость результатов расчетных и экспериментальных исследований. Максимальное расхождение результатов аналитических исследований и экспериментальных данных не превышает 8-10 %;

- **использованы** современные апробированные методики расчета индикатора энергоэффективности электровоза (утверждены ОАО «РЖД»).

Личный вклад соискателя состоит:

-в получении зависимости КПД электровоза от коэффициента использования мощности, в результате статистической обработки записей бортового регистратора;

- в разработке алгоритма адаптивного автоматического управления энергетической эффективностью пассажирского электровоза с АТП при питании от сети постоянного тока;

- в разработке компьютерной модели электровоза, отличающейся тем, что реализовано индивидуальное (поосное) регулирование силы тяги. В разработке компьютерной модели пассажирского поезда, включающего электровоз и состав, позволяющей воспроизводить режим ведения поезда по конкретному участку и рассчитывать основные показатели энергопотребления;

- в оценке сокращения энергопотребления на тягу поезда методом компьютерного моделирования;

- в формулировании дополнительных требований, которые должны быть соблюдены при использовании предлагаемого алгоритма управления энергетической эффективностью;

- в подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленных научных задач, обладает внутренним единством, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, корректной постановкой цели и задач исследования; имеет в своем содержании новые научные результаты, а также свидетельства личного вклада автора в науку.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На заседании 14 ноября 2016 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Зарифьяна А.А. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения по повышению энергетической эффективности пассажирских электровозов с асинхронным тяговым приводом при питании от сети постоянного тока, что имеет существенное значение для железнодорожного транспорта страны, соответствует требованиям п. 9 Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 г., № 842 (ред. от 02.08.2016 г.) к кандидатским диссертациям, и принял решение присудить Зарифьяну Александру Александровичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – «Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 9 докторов наук по профилю защищаемой диссертации, участвовавших в заседании из 21 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16, против – нет, недействительный бюллетень – 1.

Председатель диссертационного совета Д 218.010.01
академик РАН,
д.т.н., профессор



Колесников Владимир Иванович

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 218.010.01
д.т.н., профессор

Соломин Владимир Александрович

« 14 » ноября 2016 г.