

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.173.04, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 12 сентября 2022 протокол № 3

О присуждении Дедову Сергею Игоревичу, гражданину Республики Казахстан, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение энергоэффективности силовой гибридной установки автономного транспортного средства» по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы» принята к защите 5 июля 2022 г., протокол № 18 диссертационным советом Д 212.173.04, созданного на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет» Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 630073, Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, приказ о создании диссертационного совета №105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Дедов Сергей Игоревич 16 сентября 1994 года рождения, в 2018 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, с присвоением квалификации «Магистр» по направлению 13.04.02 - «Электроэнергетика и электротехника». В 2022 году соискатель окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь» по направлению 13.04.02 - «Электроэнергетика и

электротехника». Работает ассистентом кафедры электротехнических комплексов в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре электротехнических комплексов в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук Щуров Николай Иванович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», заведующий кафедрой электротехнических комплексов, профессор.

Официальные оппоненты:

Пантелеев Василий Иванович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», заведующий кафедрой Электроэнергетики;

Лукутин Борис Владимирович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный Исследовательский Томский политехнический университет», профессор отделения электроэнергетики и электротехники;

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва

в своем положительном заключении, подписанном Румянцевым Михаилом Юрьевичем, кандидатом технических наук, старшим научным сотрудником, заведующим кафедрой электротехнических комплексов автономных объектов и электрического транспорта, и утвержденном Драгуновым Виктором Карповичем, доктором технических наук, профессором, проректором по научной работе **указала, что** диссертация Дедова Сергея Игоревича является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на актуальную тему, обладает научной новизной, содержит решения важной научно-технической задачи по эффективному

управлению режимами заряда-разряда литий-ионных аккумуляторов в составе тягового привода электромобиля. Полученные результаты достоверны и достаточны для обоснования сделанных выводов и их практического значения. Диссертация Дедова Сергея Игоревича «Повышение энергоэффективности силовой гибридной установки автономного транспортного средства» соответствует критериям, изложенным в «Положении о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, п. 9, а ее автор, Дедов Сергей Игоревич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы».

Соискатель имеет 21 опубликованную работу, включая 12 по теме диссертации, из которых 3 - в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ, 7 публикаций отмечены в наукометрических системах «Web of Science» и «Scopus», 1 публикация в прочих изданиях (в том числе в материалах всероссийских конференций). Также автором получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Авторский вклад в опубликованных работах составляет не менее 75%, общий объем – 10,35 п.л. Недостоверные сведения в диссертации и опубликованных работах отсутствуют.

Наиболее значимые работы по теме диссертации.

1. Щуров Н.И., Штанг А.А., Дедов С.И., Сяоган У. Анализ влияния режимов движения электромобилей на процесс старения тяговых аккумуляторов на основе цикла WLTC // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. - 2020. - №13 (8). - С. 977-990. - DOI: 10.17516/1999-494X-0279.

2. Сяоган У, Ли Сюефэн, Щуров Н.И., Штанг А.А., Ярославцев М.В., Дедов С.И. Определение уровня заряда литий-ионного аккумулятора на основе алгоритма расширенного фильтра Калмана // Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. - 2020. - №13 (4). - С. 420-437. - DOI: 10.17516/1999-494X-0242.

3. Щуров Н.И., Дедов С.И. Определение токовых нагрузок электромобиля на основе стандартизированного цикла WLTC // Электроника и электрооборудование транспорта. - 2021. - №1. - п. 12-16.

4. Shchurov N.I., Dedov S.I., Malozyomov B.V., Shtang A.A. Degradation of Lithium-Ion Batteries in an Electric Transport Complex // Energies. - 2021. - №14(23). - P. 1-33. - DOI: 10.3390/en14238072.

5. Shchurov N.I., Dedov S.I. Determination of the charge and discharge modes duration effect on the LiFePO₄ cells resource in the electric power source // Journal of Physics: Conference Series. - 2021. - №1061. - P. 1-6. - DOI: 10.1088/1742-6596/2061/1/012006.
6. Abramov E.Y., Dedov S.I. Laboratory facility development for studying the heavy charge and discharge modes effect on the degradation of lithium-ion batteries // Journal of Physics: Conference Series. - 2021. - №2032. - P. 1-7. - DOI: 10.1088/1742-6596/2032/1/012092.
7. Yaroslavtsev M. V., Shtang A. A., Dedov S.I., Xiaogang W. / Calculation of Hybrid Bus Power Demands by Standard Driving Cycles // 2018 19th International conference on micro/nanotechnologies and electron devices (EDM). - IEEE, 2018. - P. 469-472. DOI: 10.1109/EDM.2018.8435023.
8. Yaroslavtsev M.V., Shtang A.A., Dedov S.I. Automated calculation of economic feasibility of using various types of passenger public transport in Russian conditions // Journal of Physics: Conference Series. - 2019. - №1333. - P. 1-6. - DOI: 10.1088/1742-6596/1333/7/072004.
9. Shtang A.A., Yaroslavtsev M.V., Dedov S.I., Xiaogang W. / Comparison of energy consumption of different types of passenger public transport in Russian operational conditions // 20 International conference of young specialists on micro/nanotechnologies and electron devices (EDM). - IEEE, 2019. - P. 705- 710. DOI: 10.1109/EDM.2019.8823400.
10. Shurov N.I., Dedov S.I. Determination of the combined power source parameters in a hybrid small class share taxi based on modelling energy consumption process // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - №1661. - P. 1-8. - DOI: 10.1088/1742-6596/1661/1/012193.
11. Щуров Н.И., Дедов С.И. Анализ влияния режимов заряда-разряда на старение LiFePO₄ аккумулятора электромобиля // XII Всероссийская научно-техническая конференция «Энергетика: состояние, проблемы, перспективы». — Оренбург, 2021. — С.33-39.
12. Свидетельство № 2022614086. Программа управления устройством для определения электрических параметров и срока службы аккумуляторов / Абрамов Е.Ю, Дедов С.И, Спиридонов Е.А, Штанг А.А, Щуров Н.И, Ярославцев М.В // Заявл. 15.03.2022; зарегистр. 17.03.2022. Заявитель и правообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

На диссертацию и автореферат поступили 7 отзывов, все положительные:

1. Отзыв доктора технических наук, профессора **Сальникова Василия Герасимовича**, профессора кафедры «Электроэнергетические системы и электротехника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет водного транспорта». Замечания касаются выбора размаха факторов проведенного полного факторного эксперимента, отсутствия ссылки на наличие свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ в научной новизне, а также связаны с пояснением функции регулирования границы по току основного накопителя энергии.

2. Отзыв кандидата технических наук, доцента кафедры Электропривода и электрического транспорта Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» **Аршинова Сергея Аркадьевича**. Замечания связаны с выбором энергоемкости основного накопителя энергии для гибридной накопительной установки, описанием принципа распределения нагрузки между основным и буферным накопителем, а также причинами изменения стоимости литиевых аккумуляторов.

3. Отзыв доктора технических наук, профессора **Исмагилова Флюра Рашитовича**, профессор кафедры Электромеханики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет». Замечания связаны с отсутствием функциональной схемы системы управления для оценки оборудования, требуемого для реализации, а также с вопросом по влиянию увеличения массогабаритных показателей накопительной установки с буферным накопителем на удельный расход энергии транспортного средства.

4. Отзыв кандидата технических наук, доцента **Павлова Павла Павловича**, заведующего кафедрой «Электрические комплексы и системы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет». Замечания связаны с тем, что не представлены сравнительные характеристики выбора нагрузочного цикла аккумуляторных батарей, а также необоснованным выбором величины длительности подзаряда в проведенном эксперименте.

5. Отзыв доктора химических наук, профессора **Уварова Николая Фавстовича**, заведующего лаборатории неравновесных твердофазных систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук. Замечания касаются сопоставления результатов моделирования с проведенным полным факторным экспериментом, а также параметров срока службы и допустимых токовых нагрузок исследуемых литий-железо-фосфатных ячеек.

6. Отзыв доктора технических наук, доцента **Паулиша Андрея Георгиевича**, ученого секретаря Новосибирского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики полупроводников им. А. В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук «Конструкторско-технологический институт прикладной микроэлектроники». Замечания касаются глубины разряда основного и буферного накопителя энергии гибридной накопительной установки при имитационном моделировании и о возможности приведении полученного срока службы блока накопителей не в дальности пробега, а во временном эквиваленте.

7. Отзыв доктора технических наук, профессора **Харламова Виктора Васильевича**, заведующего кафедрой «Электрические машины и общая электротехника» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный университет путей сообщения». Замечания связаны с тем, что не приведены массогабаритные и мощностные показатели исследуемого транспортного средства, отсутствует патент на предложенное техническое решение и недостаточно полно описана методика определения емкости буферного накопителя энергии.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается известностью, высокой компетентностью в сфере, связанной с методами повышения энергетической эффективности автономных электротранспортных средств, наличием публикаций в указанной области, а также возможностью дать научную оценку диссертационной работе. **Пантелеев Василий Иванович** – доктор технических наук, является крупным специалистом в области исполнительных систем на основе двигателей с электромагнитной редукцией скорости вращения, шаговых и вентильных двигателей, активно занимается вопросами энергосбережения, эффективности и оптимизации режимов работы электрических станций. **Лукутин Борис Владимирович**

- доктор технических наук, крупный специалист, научные интересы которого связаны с энергосбережением и повышением энергоэффективности автономных систем электроснабжения с энергоисточниками различной физической природы, а также применением распределенных систем электроснабжения постоянного тока в вопросах обеспечения энергетической безопасности. **ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»** является одним из ведущих научно-учебных заведений Российской Федерации по тематике диссертационного исследования, в котором на кафедре электрического транспорта активно занимаются разработкой и исследованием электротехнических комплексов автономных объектов, наземных объектов со специализированным электропитанием и объектов для малой автономной энергетики, а также подготовкой специалистов по данному направлению.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработано схемотехническое решение, направленное на повышение эффективности использования ресурса литий-железо-фосфатного аккумулятора, заключающееся в гибридизации основного и буферного накопителей энергии применительно к накопительной установке тягового привода электромобиля;

предложен новый подход к исследованию деградации аккумуляторной батареи под воздействием динамически изменяющейся по величине и направлению токовой нагрузки, формирующейся из реального процесса движения электротранспортного средства;

доказана перспективность применения гибридной накопительной установки в составе тягового привода электромобиля, включающей в себя основной и буферный накопитель энергии;

введено новое понятие «форсированные режимы работы аккумуляторной батареи»;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана взаимосвязь уменьшения срока службы литий-железо-фосфатного аккумулятора от параметров динамически изменяющейся токовой нагрузки, такими как величина разрядного и зарядного тока, длительность режима разряда и общая длительность работы;

применительно к проблематике диссертации эффективно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использованы** стратегия системного анализа, методы математической статистики, законы электротехники, теории

электрической тяги, математическое и имитационное моделирование, методы полного факторного эксперимента;

изложены положения, направленные на модернизацию тяговой установки электромобиля, базирующейся на применении буферного накопителя энергии, сглаживающего токовую нагрузку на аккумуляторной батарее;

раскрыты способы распределения токовой нагрузки между бортовыми источниками энергии;

изучено влияние тяжелых форсированных режимов работы, заключающихся в резких перепадах тока нагрузки и случайно меняющихся во времени циклов заряда и разряда, на уменьшение емкости литий-железо-фосфатного аккумулятора;

проведена модернизация методики расчета накопительной установки тягового привода электромобиля на основе результатов ресурсных испытаний литиевых аккумуляторов.

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

разработаны и внедрены: методики тестирования литиевых аккумуляторных батарей в программное обеспечение тестовых систем «Анализатор ХИТ серии АСК75.10.20.х» российского производства в виде двух модификаций: на 2 канала (АСК75.10.20.2) и на 12 каналов (АСК75.10.20.12);

определены перспективы дальнейшего применения результатов диссертационного исследования для модернизации конструкции тягового привода электромобиля и алгоритмов системы управления аккумуляторной батареей в виде практических рекомендаций, методик, а также математических и имитационных моделей, алгоритмов распределения токовой нагрузки между химическими источниками тока, что повысит срок службы данных систем;

создан исследовательский комплекс для проведения автоматизированных ресурсных испытаний аккумуляторных батарей с возможностью одновременной реализации разных нагрузочных профилей и регистрацией изменения основных эксплуатационных параметров;

представлены рекомендации по применению литий-железо-фосфатных батарей в качестве бортового источника энергии на электротранспортном средстве с учетом их деградации.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на созданном исследовательском комплексе, обеспечивающим достаточный уровень точности измерений и характеризуются удовлетворительной воспроизводимостью;

теория построена на классических трудах в области теоретической электротехники, методах математической статистики, теории электрической тяги, и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на анализе и обобщении теоретических и практических исследований деградиционных процессов литиевых аккумуляторов, применяемых на электротранспортном средстве, а также на основных достижениях в области проектирования тягового электропривода;

использованы результаты существующих исследований, направленных на изучение ресурса литиевых аккумуляторов, применяемых на электротранспортных средствах;

установлено качественное и количественное совпадение результатов полного факторного эксперимента, полученных автором с использованием созданного исследовательского комплекса, с результатами исследовательских работ по теме диссертации;

использованы методы математической статистики, математического и имитационного моделирования, методики сбора и обработки результатов физического эксперимента.

Личный вклад соискателя состоит в проведении всех этапов исследования, разработке и создании исследовательского комплекса, планировании и проведении активного полного факторного эксперимента, получении регрессионного уравнения, синтезе имитационной математической модели и проведении имитационного моделирования, подготовке публикаций, научных докладов и рукописи диссертации.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания: название работы недостаточно полно отражает цель работы – повышение срока службы блока накопителей электромобиля; в работе не представлено изменение вольт-амперных характеристик литиевого аккумулятора в процессе эксплуатации; не соотнесены между собой сроки службы основного и буферного накопителя; исследования деградации аккумуляторов проведены без учета реальных температурных режимов работы, соответствующего условиям эксплуатации.

Соискатель Дедов С.И. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и

привел собственную аргументацию: название диссертационной работы было сформировано, исходя из результатов, а именно повышения энергоэффективности использования литиевых аккумуляторов; полученные результаты могут быть использованы для уменьшения массогабаритных показателей выпускаемых электромобилей, что положительно влияет на их энергетическую эффективность; вольт-амперные характеристики литиевого аккумулятора не приведены в работе, однако их изменение учтено в имитационной математической модели; диссертационная работа была посвящена исследованию динамично изменяющейся нагрузки, температурные режимы не рассматривались.

Диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для электротехнической отрасли, и соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842.

На заседании 12 сентября 2022 г. диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические решения для тягового привода легкового автономного электротранспортного средства, присудить Дедову С.И. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту нет человек, проголосовали: за 18, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель
диссертационного

Анатолий Сергеевич Востриков

Ученый секретарь
диссертационного

Максим Александрович Дыбко

12 сентября 2022 г