

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 31.1.008.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
АВТОМОБИЛЬНЫЙ И АВТОМОТОРНЫЙ ИНСТИТУТ «НАМИ»
МИНИСТЕРСТВА ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25.12.2023 г. № 14

О присуждении Маликову Рамилю Раильевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка методики исследования влияния характеристик тяговой аккумуляторной батареи на эксплуатационные свойства электрифицированного транспортного средства» по специальности 2.5.11. Наземные транспортно-технологические средства и комплексы, принята к защите 24 октября 2023 г. (протокол заседания № 9) диссертационным советом 31.1.008.01, созданным на базе федерального государственного унитарного предприятия «Центральный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт «НАМИ» (ФГУП «НАМИ») Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, 125438, г. Москва, ул. Автомоторная, д. 2, приказ Минобрнауки России «О выдаче разрешения на создание совета по защите диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук...» от 23 мая 2023 г., № 1108/НК.

Соискатель Маликов Рамиль Раильевич, 17 сентября 1992 года рождения, в 2017 г. окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

(национальный исследовательский университет)» (ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана») с присвоением квалификации инженера по специальности 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы». В 2017 г. Рамиль Раильевич поступил на очное отделение аспирантуры ФГУП «НАМИ» по направлению подготовки 15.06.01 – «Машиностроение», специальность 05.05.03 – «Колёсные и гусеничные машины», а в 2021 году её окончил.

С октября 2015 г. по настоящее время работает в обществе с ограниченной ответственностью ООО «Инновационный центр «КАМАЗ» (ООО «ИЦ «КАМАЗ»), в службе электрифицированных автомобилей на должности руководителя группы.

Диссертация выполнена в научно-образовательном центре ФГУП «НАМИ» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Карпухин Кирилл Евгеньевич, директор проекта центра управления проектами ФГУП «НАМИ».

Официальные оппоненты:

Федотов Александр Иванович, заслуженный деятель науки Российской Федерации, доктор технических наук (специальность 05.20.03 – «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве»), профессор, заведующий кафедрой «Автомобильный транспорт» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (ФГБОУ ВО «ИрНИТУ»);

Голубчик Тимофей Владимирович, кандидат технических наук (специальность 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»), доцент, доцент кафедры ФН-7 «Электротехника и промышленная электроника» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана»),

- дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ВолгГТУ») в своем положительном отзыве, подписанном профессором кафедры «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей», доктором технических наук, доцентом, Балакиной Екатериной Викторовной, заведующим кафедрой «Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей», кандидатом технических наук, доцентом Захаровым Евгением Александровичем и утвержденном первым проректором, член-корреспондентом Российской академии наук, доктором технических наук, профессором Кузьминым Сергеем Викторовичем, **указала, что** диссертационная работа является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, связанной с исследованием влияния характеристик тяговой аккумуляторной батареи на эксплуатационные параметры электрифицированного транспортного средства. Диссертационное исследование имеет значение для развития автомобильной отрасли Российской Федерации. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Автореферат диссертации соответствует требованиям ВАК Минобрнауки России и в основном соответствует содержанию работы. Выполненное исследование отвечает паспорту научной специальности 2.5.11. Наземные транспортно-технологические средства и комплексы (технические науки) и соответствует требованиям Постановления Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 «О порядке присуждения ученых степеней».

Соискатель имеет по теме диссертации 12 научных работ: 9 научных статей в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ, 1 научная статья в зарубежном журнале, входящем в базу данных «Scopus», 2 патента РФ на полезную модель (Постановление Правительства РФ № 426 от 20.03.2021 г. «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ...»):

1. Маликов Р.Р., Климов А.В., Смирнов А.А., Оценка возможности рекуперации энергии колебаний в системе поддрессоривания двухосного

грузового автомобиля // Известия МГТУ «МАМИ». - 2016. - №4 (10). - с.42-49.

Издание входит в перечень ВАК РФ.

2. Маликов Р.Р., Биксалеев Р.Ш., Климов А.В., Карпухин К.Е., Влияние солнечной радиации на накопители энергии электрифицированного транспортного средства // Автомобильная промышленность. - 2021. - №8. - с.19-24. **Издание входит в перечень ВАК РФ.**

3. Маликов Р.Р., Биксалеев Р.Ш., Карпухин К.Е., Климов А.В., Влияние работы климатической системы на удельный расход энергии электробуса категории М3 // Труды НАМИ. - 2022. - №1. - с.68-81. **Издание входит в перечень ВАК РФ.**

4. Маликов Р.Р., Климов А.В., Биксалеев Р.Ш., Карпухин К.Е. Имитационное моделирование тяговой аккумуляторной батареи в составе транспортного средства // Автомобильная промышленность. - 2022. - №5. - с.8-13. **Издание входит в перечень ВАК РФ.**

5. Биксалеев Р.Ш., Карпухин К.Е., Климов А.В., Маликов Р.Р., Имитационная модель системы охлаждения в среде Matlab, позволяющая анализировать тепловое состояние аккумуляторного модуля // Труды НАМИ. - 2019. - №4 (279). - с.61-69. **Издание входит в перечень ВАК РФ.**

6. Биксалеев Р.Ш., Карпухин К.Е., Климов А.В., Маликов Р.Р. Имитационная модель системы термостатирования тяговой аккумуляторной батареи с пассивным охлаждением // Труды НАМИ. - 2020. - №4. - с.42-51. **Издание входит в перечень ВАК РФ.**

7. Биксалеев Р.Ш., Карпухин К.Е., Климов А.В., Маликов Р.Р., Рябцев Ф.А., Об аспектах проектирования электрифицированных транспортных средств с комбинированной энергоустановкой на основе топливных элементов // Труды НАМИ. - 2021. - №1. - с.47-58. **Издание входит в перечень ВАК РФ.**

8. Biksaleev R.Sh., Klimov A.V., Malikov R.R., Karpukhin K.E., Operational features of battery-powered electric vehicles in Russia and methods of assessing a state of health of traction batteries // IOP Conference Series: Materials

Science and Engineering. - 2021. - (2061). - p. 1-10. **Издание входит в базу Scopus.**

9. Биксалеев Р.Ш., Маликов Р.Р., Карпухин К.Е., Климов А.В., Бурганов Р.М., Исследование потоков воздуха при движении электробуса с целью определения его коэффициента обтекаемости и коэффициентов теплопередачи высоковольтных компонентов // Автомобильная Промышленность. - 2021. - №6. - с.15-19. **Издание входит в перечень ВАК РФ.**

10. Шайхатдинов Ф.А., Филимонова А.А., Хохонов А.А., Трапезников А.Н., Климов А.В., Маликов Р.Р. Анисимов В.Р., Создание электрического автобуса с водородными топливными элементами в Российской Федерации // Надежность и безопасность энергетики. - 2022. - №3. - с.81-89. **Издание входит в перечень ВАК РФ.**

Патенты Российской Федерации на полезную модель:

1. Электрическое колесное транспортное средство: пат. 191010 Рос. Федерация: В60К 1/04, В60R 16/04, В60L 50/60, В62D 21/02/ Климов А.В., Скутар Р.Д., Биксалеев Р.Ш., Седенков С.Д., Максименко Э.В., Маслянников И.К., Куковинец О.В., Долгий И.О., Маликов Р.Р. заявитель и патентообладатель ПАО «КАМАЗ». – № 2019103737 заявл. 11.02.2019 опубл. 18.07.2019 Бюл. № 20.

2. Тяговый электрический привод для грузового аккумуляторного электрического колесного транспортного средства: пат. 191010 Рос. Федерация: В60К 1/04, В60R 16/04, В60L 50/60, В62D 21/02/ Климов А.В., Маликов Р.Р. заявитель и патентообладатель ПАО «КАМАЗ». – № 2018100889 заявл. 10.01.2018 опубл. 24.08.2018 Бюл. № 24.

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов. Все отзывы положительные:

1. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет» (ФГБОУ ВО «СибАДИ»), заведующий кафедрой «Строительная, подъемно-транспортная и нефтегазовая техника»,

кандидат технических наук, доцент Летопольский Антон Борисович, старший научный сотрудник научно-исследовательского управления, кандидат технических наук Тетерина Ирина Алексеевна.

В отзыве содержатся три замечания уточняющего характера.

2. Общество с ограниченной ответственностью «ЭвоКарго» (ООО «ЭвоКарго»), главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор Шухман Сергей Борисович.

В отзыве содержатся три замечания уточняющего характера.

3. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курганский государственный университет» (ФГБОУ ВО «КГУ»), заведующий кафедрой «Гусеничные машины и прикладная механика», Заслуженный машиностроитель РФ, доктор технических наук, профессор Держанский Виктор Борисович, заведующий отделом механики транспортных машин ИМАШ УрО РАН, профессор кафедры «Гусеничные машины и прикладная механика», доктор технических наук, профессор Тараторкин Игорь Александрович.

В отзыве содержится одно замечание критического характера:

- основное замечание заключается в недостаточном учете и анализе пассажиропотоков. В частности, наибольший расход энергии происходит при разгоне автомобиля. При этом затраты энергии на разгон могут существенно отличаться в зависимости от заполнения электробуса. С учетом данного обстоятельства, а также того, что число разгонов при движении на маршруте определяется частотой расположения остановок электробуса, то «городской цикл» требует существенной корректировки. В связи с этим, затраты энергии на разгон электробуса могут существенно превышать затраты на функционирование прочих систем – климат-контроля и др. В связи с этим представляется, что данное обстоятельство недостаточно учтено в предлагаемой математической модели.

4. Белорусский национальный технический университет (БНТУ), доцент кафедры «Автомобили» автотракторного факультета, кандидат технических наук Галямов Павел Маратович.

В отзыве содержатся восемь замечаний, из них четыре замечания уточняющего характера и четыре замечания критического характера:

- в полученной автором диссертации регрессионном уравнении (9) на странице 14 автореферата наибольший и наименьший коэффициенты отличаются по абсолютной величине более в 10000 раз. Это говорит о том, что автор диссертации не проводил проверку коэффициентов уравнения регрессии (9) на их статическую значимость, которая позволила бы отбросить слишком малые статистические незначимые коэффициенты и оставить в математической модели удельного расхода электроэнергии только статистически значимые факторы и их взаимодействия;

- представленная на страницах 11-13 автореферата математическая модель процесса движения электрического транспортного средства учитывает его скорость движения и уклон дороги, от максимальных значений которых в значительной степени зависит удельный расход энергии на движение, однако в регрессионное уравнение (9) входных переменных эти факторы почему-то автором диссертации не были введены;

- на странице 24 автореферата отмечается, что представленные методики расчета позволяют оценить эффективность рекуперативного торможения электробуса, однако в представленных на страницах 10-15 автореферата математических моделях отсутствует математическое описание процесса рекуперации электрической энергии в тяговую аккумуляторную батарею при торможении электробуса;

- на странице 15 во второй строке снизу автореферата упоминается, что экспериментальные исследования электробуса проводились при движении по маршруту № 911, в то время как моделирование удельного расхода электроэнергии осуществлялось при движении маршрута № 189, что не позволяет корректно сопоставить результаты моделирования и эксперимента.

5. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (ФГБОУ ВО РГАУ- МСХА имени К. А. Тимирязева), заведующий кафедрой «Тракторы и автомобили»,

академик РАН, доктор технических наук, профессор Дидманидзе Отари Назирович, доцент кафедры «Тракторы и автомобили», кандидат технических наук, доцент Митягин Григорий Евгеньевич.

В отзыве содержатся четыре замечания, из них два замечания уточняющего характера и два замечания критического характера:

- представленные автором математические модели отдельных элементов и процессов электрифицированного транспортного средства (стр. 10, 11, 13) не дают целостного представления об исследуемом параметре, отвечающем за эксплуатационные свойства электрифицированного транспортного средства;

- разработанное автором регрессионное уравнение предназначено для определения удельного расхода энергии «любого пассажирского транспортного средства» (стр. 14) однако диапазон полных масс (4,5...28 т) явно смещен в сторону коммерческих пассажирских транспортных средств, при том что большинство пассажирских транспортных средств, при том что большинство пассажирских транспортных средств (индивидуальных) имеют полную массу в диапазоне 1,5...3 т.

6. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)» (ФГБОУ ВО «МАДИ»), профессор кафедры «Автомобили», доктор технических наук, доцент Гаевский Виталий Валентинович.

В отзыве содержатся два замечания уточняющего характера.

7. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова» (ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»), заведующий кафедрой «Автомобили и металлообрабатывающее оборудование», доктор технических наук, профессор Филькин Николай Михайлович.

В отзыве содержатся два замечания, из них одно замечание уточняющего характера и одно замечание критического характера:

- в работе представлена разработанная комплексная математическая модель, которая позволяет рассчитать энергопотребление, связанное с движением транспортного средства, работой системы термостатирования батареи и климатической системы внутри салона. Однако, помимо непосредственных потребителей энергии, существуют и другие компоненты, играющую важную роль в процессе энергопотребления, например, гидронасос усилителя руля, компрессор пневматической системы и DC/DC преобразователи. Для более точного определения энергозатрат, необходимо учесть все компоненты, участвующие в процессе энергопотребления.

Выбор официальных оппонентов, доктора технических наук, профессора Федотова Александра Ивановича и кандидата технических наук, доцента Голубчика Тимофея Владимировича обосновывается высокой компетенцией ученых и имеющимися у них публикациями в области исследований электрифицированных транспортных средств, проводимых автором диссертационной работы.

Выбор ведущей организации обосновывается широко известными достижениями и исследованиями ФГБОУ ВО «ВолгГТУ» в области систем электрифицированных транспортных средств.

Выбранные оппоненты и сотрудники ведущей организации являются признанными специалистами и компетентны в области исследования, выполненного соискателем, а также имеют публикации в соответствующем направлении. Работы оппонентов и ведущей организации опубликованы в рецензируемых изданиях за последние 5 лет с 2019 по 2023 гг. и свидетельствуют об их осведомленности в современных тенденциях развития в области электрифицированных транспортных средств, а также об актуальности и новизне выполненных научно-исследовательских работ.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации соответствует требованиям постановления правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней».

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая математическая модель транспортного средства, позволяющая рассчитывать затраты энергии на движение с учетом работы климатической системы, а также с учетом потребления энергии системой термостатирования;

экспериментальными исследованиями **подтверждена** адекватность математической модели, состоящей из блоков тягового расчета, климатической системы и расчета характеристик тяговой аккумуляторной батареи;

получено регрессионное уравнение, которое позволяет определять расход энергии пассажирского транспортного средства, с учетом таких исходных данных, как температура окружающей среды, начальная температура салона, загрузка, полная и снаряженная масса транспортного средства;

предложена новая методика определения характеристик тяговой аккумуляторной батареи с помощью упрощенного способа с использованием регрессионного уравнения и уравнений тягового баланса, отличающаяся тем, что позволяет сформировать основные требования к аккумуляторной батарее;

представлена новая методика анализа влияния характеристик тяговой аккумуляторной батареи на эксплуатационные свойства электрифицированного транспортного средства.

Представленные методики были **внедрены** в исследовательские работы ООО «ИЦ «КАМАЗ» и применены при анализе эксплуатационных характеристик, разрабатываемого электробуса КАМАЗ-6282 с суточным пробегом.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

определены коэффициенты регрессионного уравнения для расчета удельного расхода энергии пассажирских транспортных средств с электроприводом и химическим накопителем энергии;

разработана методика анализа влияния характеристик тяговой аккумуляторной батареи на эксплуатационные показатели электрифицированных транспортных средств.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается:

применением методики расчета основных электрических характеристик для формирования технических требований к накопителю энергии электрифицированных транспортных средств;

реализацией комплексной математической модели транспортного средства, которая может быть использована для проведения виртуальных испытаний, являющихся частью процесса создания и исследования автомобилей с тяговым электроприводом;

внедрением в аналитические работы по выбору аккумуляторных систем при разработке линейки энергоэффективных пассажирских и грузовых транспортных средств КАМАЗ на предприятии ООО «ИЦ «КАМАЗ»;

использованием результатов теоретических исследований диссертационной работы в учебных целях в передовой инженерной школе и на кафедре «Наземные транспортные средства» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» (Московский Политех).

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

достоверность теоретических положений подтверждается использованием известных методов теоретической механики, теории движения автомобиля, теории электротехники, теории тепловых процессов, вычислительной математики, теории полного факторного эксперимента и математического моделирования. В качестве теоретической базы для проведения исследований использовались фундаментальные и прикладные труды ведущих отечественных и зарубежных ученых;

достоверность полученных результатов в данной работе подтверждаются сопоставлением данных виртуального моделирования с

результатами серии ездовых испытаний электрифицированного пассажирского транспортного средства категории МЗ.

Личный вклад соискателя состоит в:

- разработанной математической модели транспортного средства, позволяющая рассчитывать затраты энергии на движение с учетом работы климатической, а также с учетом потребления энергии системой термостатирования;

- новой методике определения характеристик тяговой аккумуляторной батареи, которая позволяет сформировать основные требования;

- новой методике анализа влияния характеристик тяговой аккумуляторной батареи на эксплуатационные свойства электрифицированного транспортного средства с помощью проведения серии виртуальных испытаний и оценки их результатов;

- расчете коэффициентов регрессионного уравнения для определения расходов энергии пассажирского транспортного средства, с учетом таких исходных данных, как температура окружающей среды, начальная температура салона, загрузка, полная и снаряженная масса транспортного средства;

- экспериментальных исследованиях с помощью которых подтверждена адекватность математической модели;

- написании текста диссертации и автореферата;

- написании статей, отражающих основные положения и результаты диссертационного исследования;

- внедрении представленных методик в исследовательские работы ООО «ИЦ «КАМАЗ».

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Поясните несовпадение кривых регрессионной модели и имитационной модели с учётом зависимости одного от другого.

2. Поясните наличие экстремума кривой удельного расхода энергии при 10 °С на графике.

3. По докладу не ясно, каким образом учитывалась мощность потерь тягового электродвигателя в имитационной модели.

Соискатель Маликов Р.Р. ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы и привёл обоснованную аргументацию:

1. Потому что регрессионная модель строилась на крайних точках, т.е. от результатов данных, смоделированных при массе транспортного средства от 4,5 до 28 т, т.е. между этими точками данные не использовались. В связи с этим модель получилась линейной и получилась соответствующая погрешность.

2. Дело в том, что при 10 °С фиксируется наименьшее потребление климатической системой, т.к. климатическая система в электробусах в основном влияет на удельный расход, поэтому при +10 °С в электробусе может даже не работать ни отопление, ни охлаждение и в результате потребление будет минимальным.

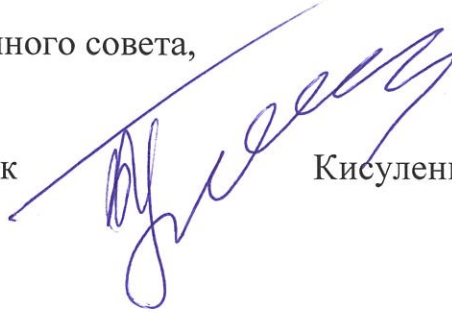
3. Мы используем карты КПД в зависимости от положительного и отрицательного момента на электродвигателе, а также в зависимости от оборотов электродвигателя и питающего напряжения на входе в управляющий инвертор.

На заседании 25.12.2023 г. диссертационный совет принял заключение: за решение научной задачи, заключающейся в исследовании влияния характеристик тяговой аккумуляторной батареи на эксплуатационные показатели электрифицированных транспортных средств и позволившей сформировать основные требования к аккумуляторной батарее, имеющей важное значение для автомобильной отрасли страны, присудить Маликову Рамилю Раильевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 8 докторов наук по рассматриваемой специальности, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав

совета, проголосовали: за – 15, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета,
доктор технических наук,
старший научный сотрудник



Кисуленко Борис Викторович

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент



Ринат Ханяфиевич Курмаев

25.12.2023