

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

Волгоградского государственного  
технического университета

чл.-корр. РАН

С.В. Кузьмин

13.11.2023



## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (ВолгГТУ) на диссертационную работу Маликова Рамиля Раильевича  
«Разработка методики исследования влияния характеристик тяговой аккумуляторной батареи на эксплуатационные свойства электрифицированного транспортного средства», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.5.11. Наземные транспортно-технологические средства и комплексы (технические науки)

На отзыв представлены диссертация и автореферат. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Работа представлена на 217 стр. машинописного текста. Автореферат диссертации изложен на 26 стр., включая список основных публикаций автора по теме диссертации.

### 1. Актуальность темы

Актуальность темы диссертации определяется современной проблемой загрязнения воздуха в крупных городах выхлопными газами работающих ДВС многочисленных транспортных средств.

Недостатки электрических транспортных средств (ТС) связаны не только с дороговизной тяговой аккумуляторной батареи (ТАБ) и проблемами ее утилизации, но и с ограниченной дальностью пробега на одной зарядке, длительным временем заряда, а также с ухудшением динамики движения при отрицательных температурах. Автор диссертационной работы Маликов Рамиль Раильевич пытается частично устранить эти недостатки созданием методики исследования влияния характеристик накопителя энергии на эксплуатационные показатели ТС в различных условиях эксплуатации. Она является своевременной и актуальной, а также соответствует стратегии развития пассажирского дорожного электротранспорта в Российской Федерации.

## **2. Научная новизна диссертационного исследования**

Новизна выполненных автором исследований состоит, на наш взгляд, в следующем:

- разработана имитационная математическая модель движения электрического транспортного средства (ЭТС), которая позволяет рассчитывать затраты энергии на движение с учетом работы климатической установки и системы терmostатирования;
- получена регрессионная модель для расчета удельного расхода энергии пассажирских ЭТС в зависимости от полной массы и температуры окружающей среды;
- создана методика анализа характеристик аккумуляторной батареи, позволяющая выбрать или разработать накопитель энергии с заданными энергетическими показателями.

## **3. Достоверность и обоснованность результатов и выводов**

Достоверность и обоснованность результатов исследований подтверждаются хорошим совпадением результатов расчета с результатами экспериментов на реальном ЭТС – объекте исследования (электробус КАМАЗ 6282), выполненных на современном уровне. Основные положения диссертационной работы были доложены автором и обсуждены на многочисленных научных конференциях.

## **4. Теоретическая и практическая значимость результатов работы**

Теоретическая значимость диссертационного исследования состоит в возможности распространения результатов исследования на другие ЭТС, отличные от объекта исследования. Определённые коэффициенты регрессионного уравнения могут быть применены на начальном этапе проектирования ЭТС при предварительном расчете удельного расхода энергии пассажирских транспортных средств с различной загрузкой и в различных диапазонах температур окружающей среды. Практическая значимость результатов работы заключается в предложенном подходе к проведению расчетов и анализа характеристик тяговых аккумуляторных батарей, влияющих на эксплуатационные показатели ЭТС. Таким образом, настоящее диссертационное исследование будет полезным для ученых и инженеров-конструкторов, занимающихся исследованиями и созданием ЭТС.

## **5. Оценка содержания диссертации**

**Во введении** диссертации представлено обоснование актуальности выбранной темы; сформулированы цель работы и задачи исследования; показаны научная новизна работы, теоретическая и практическая значимость ее результатов; описаны основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** описаны существующие проблемы применения накопителей энергии. Проведен подробный анализ характеристик ТАБ, оказывающих влияние на эксплуатационные характеристики ЭТС. Представлен обзор научных публикаций и исследовательских работ отечественных и зарубежных авторов, посвященных анализу характеристик ТАБ в составе ЭТС.

**Во второй главе** представлен подход к математическому описанию разработанной комплексной имитационной модели ЭТС. Приведено математическое описание: электрических и тепловых процессов ТАБ, движения ТС и теплового баланса салона. Имитационная модель реализована в программном пакете Matlab/Simulink. Проведен полнофакторный расчетный эксперимент и получены коэффициенты регрессионного уравнения для определения удельного расхода энергии на передвижение пассажирских ЭТС с полной массой от 4,5 до 28 т.

**В третьей главе** приведены результаты экспериментальных исследований. На основе проведенных испытаний проведена валидация имитационной модели, которая показала сходимость: блока тягового расчета от 4,6 до 8,3%; зарядной сессии – 1,37 %; тепловой модели ТАБ – 1,2%; климатической системы по мощности – 6,35% и по температуре – 1,52%.

**В четвертой главе** представлена разработанная методика исследования характеристик ТАБ в составе ЭТС. Описана процедура формирования технических требований к ТАБ. Изложена методика оценки характеристик выбранных ТАБ при проведении виртуальных испытаний, на основе которой проводится выбор накопителя энергии, наилучшим образом подходящего под требуемые параметры ЭТС.

**В пятой главе** приведены результаты апробации методики исследования влияния показателей ТАБ на эксплуатационные характеристики ЭТС. В качестве объекта исследования выбран вновь разрабатываемый электробус КАМАЗ 6282. В данной главе перечислены характеристики ЭТС и требования к эксплуатационным показателям, на основе которых проведен расчет и составлены технические требования к ТАБ. Проведена сравнительная оценка основных параметров ТАБ и определены 2 варианта, наиболее близко удовлетворяющих требованиям. Также приведены результаты виртуальных расчетов эксплуатационных показателей электробуса в наиболее тяжелых для ТАБ условиях.

Сформулированы **основные результаты и выводы по работе**, полученные в ходе исследования.

В конце работы представлен **список сокращений** и **список использованной литературы**, состоящий из 108 источников. Дополнительно представлены **приложения** с актом внедрения научных и практических результатов диссертационной работы в учебный процесс «Московского политехнического университета» и на предприятии ООО «Инновационный центр «КАМАЗ».

## **6. Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации**

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации и совместно с опубликованными работами автора в полной мере отражает ее содержание.

## **7. Замечания по диссертации и автореферату:**

1. Соискатель отождествляет понятия «эксплуатационные свойства» и «эксплуатационные характеристики», что некорректно.
2. В разделе «Математическое описание движения транспортного средства» расчетная схема ТС упрощена и автор ограничился уравнением тягового баланса. Отсутствуют математические выражения, показывающие взаимосвязь параметров ТАБ и эксплуатационных свойств ТС. Формулы для расчета составляющих теплопередачи взяты из разрозненных источников и не имеют вида целостной математической модели.
3. Метаболизм – это не параметр, а совокупность химических реакций, происходящих в живом организме, поэтому он не может измеряться в Вт.
4. В главе, посвященной испытаниям ТС, в качестве измерительной аппаратуры приводится записывающее устройство и нет данных, какие конкретно измерялись параметры и как. Желательно было бы привести измерительную схему и графики, показывающие сравнение изменений во времени параметров движения ТС при расчете и эксперименте.

5. По мнению автора, с помощью регрессионной модели (56) возможно определить удельный расход энергии пассажирских ТС полной массой от 4500 до 28000 кг в зависимости от температуры окружающей среды, от начальной температуры салона, от загрузки и снаряженной массы. Это не совсем так, поскольку у ТС может быть разная теплоемкость кузова, разные шины и др.
6. Из итогового рис. 98 диссертации (рис. 8 автореферата) следует, что уменьшение массы ТС на 10% приводит к уменьшению удельного расхода энергии на его передвижение не более чем на 3,5% во всем диапазоне температур окружающей среды. При этом, согласно мировой статистике (справочник Bosch), эта цифра составляет 6%. Поэтому неясно, куда еще расходуется энергия в ТС – объекте исследования. Также нет пояснений физического смысла наличия экстремумов кривых при 10° С.

*Отмеченные недостатки имеют рекомендательный характер и не затрагивают научных основ диссертационной работы. Исследования выполнены на достаточно высоком научно-техническом уровне, по научной новизне и практической значимости отвечают требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук.*

#### **8. Соответствие научной специальности**

Содержание диссертации соответствует, на наш взгляд, следующим пунктам паспорта научной специальности 2.5.11. Наземные транспортно-технологические средства и комплексы:

- п.2. Методы расчета и проектирования, направленные на создание новых и совершенствование существующих транспортно-технологических средств и их комплексов с учетом полного жизненного цикла изделий, обладающих высоким качеством, в том числе повышенными показателями экономичности, надежности, производительности, экологичности и эргономичности, обеспечивающих энергоэффективность и безопасность эксплуатации;
- п.4. Техническая эксплуатация транспортно-технологических средств и их комплексов.

#### **9. Рекомендации по использованию результатов и выводов по работе**

Результаты диссертационного исследования имеют теоретический и прикладной характер и могут быть использованы учеными и инженерами-практиками для оценки влияния характеристик ТАБ на эксплуатационные показатели ЭТС.

#### **10. Подтверждение публикации основных результатов работы в научных печатных изданиях**

По теме диссертационной работы опубликовано 12 печатных работ, в том числе 9 статей в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК РФ, 1 статья в издании, входящем в международную базу Scopus и 2 патента РФ на полезную модель. Публикации соискателя в полной степени отражают основные положения, выводы и рекомендации, изложенные в работе.

## 11. Заключение

Диссертационная работа является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, связанной исследованием влияния характеристик ТАБ на эксплуатационные характеристики ЭТС. 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». Автор диссертации «Разработка методики исследования влияния характеристик тяговой аккумуляторной батареи на эксплуатационные свойства электрифицированного транспортного средства» Маликов Рамиль Раильевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.5.11. Наземные транспортно-технологические средства и комплексы (технические науки).

Настоящий отзыв рассмотрен и единогласно одобрен на заседании кафедры "Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей" ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (ВолгГТУ) (протокол №03 от 10.11.2023 г.).

Профессор кафедры "Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей" ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (ВолгГТУ),

доктор технических наук, доцент

 Балакина Екатерина Викторовна

Почтовый адрес:

400005, Волгоград, пр. им. Ленина 28а, ЛК-203;

телефон: (8442) 24-84-61; e-mail: [balakina@vstu.ru](mailto:balakina@vstu.ru);

докторская диссертация по специальности 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины.

Заведующий кафедрой "Техническая эксплуатация и ремонт автомобилей" ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (ВолгГТУ),

кандидат технических наук, доцент

 Захаров Евгений Александрович

Почтовый адрес:

400005, Волгоград, пр. им. Ленина 28а, ЛК-307;

телефон: (8442)-97-49-57; e-mail: [zaharov\\_ea@vstu.ru](mailto:zaharov_ea@vstu.ru)

кандидатская диссертация по специальности 05.04.02 – Тепловые двигатели.

