

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук, доцента Асояна Артура Рафиковича
на диссертационную работу **Ракова Вячеслава Александровича «Методология комплексной оценки и обеспечения эффективности эксплуатации гибридных автомобилей»**, представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности
2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта

Актуальность исследования

В стратегических планах развития автомобильного транспорта в Российской Федерации в качестве одной из ключевых задач обозначено расширение доли эксплуатируемых электромобилей и гибридных автомобилей. В комплексе направления решений данной задачи указывается стимулирование производства, покупки и эксплуатации таких автотранспортных средств. Вместе с тем до конца не ясно: какие гибридные автомобили отвечают критериям высокой экономичности и экологической безопасности? В условиях отсутствия обоснованных методов оценки государственные органы не могут выработать механизмы стимулирования действительно экономичных и экологически безопасных гибридов автомобилей. А эксплуатирующие организации в условиях недостатка объективной информации не имеют понимания об экономической выгоде от эксплуатации моделей с комбинированной энергоустановкой в заданных условиях. Нет достаточного понимания о приспособленности гибридных автомобилей к условиям эксплуатации в разных климатических зонах, надежности элементов тягового электропривода, аккумуляторной батареи, особенностях их обслуживания и ремонта. Данные вопросы требуют проведения экспериментальных и теоретических исследований в лабораторных условиях, и на натурных образцах в реальных дорожных условиях, установления зависимостей, разработки расчетных моделей и рекомендаций.

Ввиду указанных сложностей научные работы в этом направлении достаточно редки и в настоящий период времени очень востребованы, что делает тему диссертационной работы актуальной для теории и практики эксплуатации гибридного автомобильного транспорта.

Оценка содержания диссертационной работы

Рассмотренная диссертационная работа изложена на 422 страницах, из них 332 основного текста и 90 страниц приложений, 101 рисунок и 38 таблиц, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы содержащего 265 наименований используемых источников, из них 70 иностранных источников.

Содержание диссертации охватывает основные вопросы поставленных задач и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается следующими обстоятельствами:

- системность изложенного материала, который оформлен в логической последовательности: анализ проблемы; теоретические и экспериментальные исследования, методологические разработки, практические рекомендации и выводы;
- каждая последующая глава вытекает из предыдущей, имеет общую согласованность, логичность и не противоречит остальным результатам;
- представленные выводы обоснованы, согласованы с темой исследования и подтверждают основную гипотезу работы, выдвинутую в начале работы;
- методологическая платформа базируется на комплексе взаимосвязанных оригинальных методик и методов, опирающихся на общую концепцию работы;
- взаимосвязью основной идейной линии, частных и общих выводов.

Термины и определения, используемые в диссертации и автореферате, соответствуют отраслевым стандартам, в тексте имеются ссылки на источники, рисунки, таблицы и формулы пронумерованы.

Во введении сформулирована проблема исследования, ее обоснованность, актуальность предпосылки к проведению исследования, сформулированы цель и задачи исследования, определены объект и предмет исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

В первой главе представлено обоснование выбора объекта исследования и его рассматриваемых эксплуатационных свойств. Приводится хронология развития эксплуатационных свойств автомобилей на протяжении истории их развития, описание состояния автомобильного транспорта в России и в других странах мира, отмечен переход от оценки потребительских свойств, характеризующихся предельными значениями измеряемых параметров, заданных изготовителем, к системе оценки эксплуатационных свойств автомобилей с помощью особых вычисляемых параметров эффективности, которые являются производными от потребительских свойств и параметров функционирования, рассмотрен факторный

анализ значимости эксплуатационных свойств.

Представлен анализ существующих критериев оценки влияния автомобилей на окружающую среду в России и мире в целом. На основе комплексного подхода к системе «автомобиль – водитель – среда» приводится анализ влияния ключевых факторов на формирование эксплуатационных свойств автомобилей, по результатам которого определены наиболее значимые из них.

Дана характеристика автомобильного парка России и других стран мира, отмечено, что количество эксплуатируемых в России гибридных автомобилей растет, и их доля к 2030 году должна достигнуть 15% от общего числа автомобилей.

Рассмотрены закономерности в развитии конструкции энергетических установок автомобилей и анализ состояния инфраструктуры технического обслуживания и ремонта гибридных автомобилей в России

Доказательно отмечено, что улучшение эксплуатационных свойств автомобилей за счет использования комбинированной энергетической установки (КЭУ) является одним из перспективных направлений развития автомобилей. При этом преимущества энергоустановок гибридных автомобилей не всегда улучшают эксплуатационные свойства автомобилей, поэтому должны рассматриваться с учетом характера условий их работы и типа КЭУ.

В приведенных выводах по главе в достаточно полной мере отражены проблемные ситуации изучаемого вопроса - первой задачи диссертационной работы, на основании которых сформулированы цели и последующие задачи исследования

Замечания по первой главе.

Более четко можно было сформулировать существующие подходы к эффективности автомобилей и причины их неприменимости к гибридным автомобилям.

На графике (рисунок 1.3) показаны сведения о статистике производства автомобилей только до 2019 года.

Во второй главе обоснована стратегия приводимых методов оценки, изложены результаты оценки влияния условий эксплуатации на топливную экономичность и экологические свойства гибридных автомобилей, а также закономерности изменения технического состояния КЭУ при эксплуатации.

Изложены новые, разработанные автором, методики оценки топливной экономичности по параметрам рабочих процессов движения гибридного автомобиля. Приведены методы оценки влияния рекуперативного торможения на

эффективность гибридных автомобилей, включая методики определения и влияющие факторы.

Проведена сравнительная оценка выбросов в окружающую среду автомобилей с бензиновыми, газовыми, дизельными ДВС и комбинированными энергоустановками на протяжении всего их жизненного цикла. Представлена расчетно-экспериментальная методика определения средней мощности, развиваемой энергоустановкой автомобиля в условиях изменяющихся нагрузок, расчетно-экспериментальная методика определения максимальной мощности энергоустановки автомобиля в условиях эксплуатации. Достаточно глубоко проработано исследование комбинированных энергоустановок разных типов в лабораторных условиях и энергетического КПД комбинированной энергоустановки в стендовых условиях.

Приведены результаты оценки влияния времени поездки и температуры окружающей среды на топливную экономичность гибридных автомобилей, включая сравнение с бензиновым аналогом. Представлены результаты оценки надежности КЭУ гибридных автомобилей с анализом причин возникновения отказов и неисправностей. Результаты, приведенные во второй главе, дают уточняющую информацию, которая необходима для решения последующих задач.

Замечания по второй главе.

В разделе 2.2 «Сравнительная оценка выбросов в окружающую среду автомобилей с бензиновыми, газовыми, дизельными ДВС и комбинированными энергоустановками на протяжении всего их жизненного цикла» фигурирует пробег в период жизненного цикла 500 тыс. км. Не ясно: почему взята цифра?

В разделе 2.7.1 «Конструкция экспериментальной комбинированной энергоустановки» не ясно: почему в конструкции лабораторного стенда использован сверхвысокоемкий конденсаторный накопитель энергии?

В разделе 2.8 «Исследования на экспериментальных автомобилях с комбинированной энергоустановкой в дорожных условиях» приводится описание экспериментального автомобиля с КЭУ на базе Лада 1118. Не ясно: почему в качестве первоисточника выбран дизельный двигатель максимальной мощностью 10 л.с., а в качестве накопителя энергии выбраны сверхвысокоемкие конденсаторы?

На странице 142 опечатка в ед. измерения...0,8 м/с²...

На графике рис. 2.48 очень широкий разброс изменения скорости при торможении.

В третьей главе приводятся основные положения расчетного метода априорной оценки расхода топлива гибридных автомобилей, учитывающего тип комбинированной энергоустановки, характеристик основных ее компонентов, а также заданный цикл движения. Приведен порядок верификации метода. Представлены результаты прогнозирования расхода топлива гибридного автомобиля категории M_1 при движении по циклу испытаний транспортных средств малой грузоподъемности (ВЦИМГ) по ГОСТ Р 59890-2021.

Замечания по третьей главе.

В формуле 3.51 и 3.52 и в ближайших к ним страницах не расшифрован коэффициент « $\eta_{пр}$ ».

Таблица 3.1 – «Влияние емкости ТНЭ на топливную экономичность гибридного автомобиля» Емкость ТНЭ увеличивается, а мощность ДВС и расход топлива падают. Требуется пояснение.

В целом по третьей главе. Какова сходимость результатов стендовых испытаний и практической эксплуатацией?

Приведенный расход топлива в диссертации обозначается по-разному $Q_{п}$ или Q_s .

Как определяется удельный расход топлива ДВС для прогнозирования расхода топлива гибридных автомобилей?

В четвертой главе изложен метод комплексной оценки эффективности эксплуатации гибридных автомобилей, включающий методику сравнительной оценки экономических издержек при их эксплуатации, которая устанавливает взаимосвязь между первоначальной и остаточной стоимостью, затратами на топливо при эксплуатации и экономической выгодой от эксплуатации. Этот метод автор предлагает использовать для оценки экономической выгоды от эксплуатации гибридных автомобилей эксплуатирующими организациями.

Представлены результаты оценки эффективности эксплуатации гибридных автомобилей категорий M_1 , M_2 , M_3 и N_1 с различными типами КЭУ в заданных условиях. Определены границы целесообразного использования гибридных автомобилей в зависимости от среднего годового пробега и продолжительности эксплуатации. Приведенные результаты оценки не вызывают сомнений при условии достаточной надежности энергоустановки.

Экологическую безопасность и ресурсосберегающие свойства гибридных автомобилей автор предлагает оценивать на основе ГОСТ Р 58554-2019 «Автомобильные транспортные средства. Показатели энергоэффективности и

экологии. Способы информирования потребителей», а также на основе удельных показателей. Данные критерии оценки не вызывают вопросов, т.к. используются для разных целей как в нашей стране, так и за рубежом.

Вопросы и замечания по четвертой главе.

Раздел 4.1. Не ясно: почему потеря в стоимости описана экспоненциальным уравнением?

Рис. 4.1. Вероятно ошибка в пояснении на рисунке: расход топлива бенз./гидр. 8,9/12,3 л/100 км. Инфляционные потери в стоимости: с какой целью использованы, почему 5%?

Формула 4.8. стр. 261 требует упрощения.

В автореферате на стр. 29. «Гибридные автомобили категории M_1 и N_1 массой более 2610 кг (в соответствии с ТР ТС 018/2011 и Правилами ЕЭК ООН № 49) не могут соответствовать этим критериям. Рекомендуется относить такие автомобили к энергоэффективным, если они имеют выбросы CO_2 по ГОСТ Р 59890-2021 менее 221 г/км (класс энергоэффективности – F)». Т.е. нужно разделять подходы к энергоэффективности для автомобилей M_1 и N_1 до 2610 кг, более 2610 кг и тяжелых массой более 3500 кг?

Таблица 4.18. g_e , г/(кВт·ч) удельный эффективный расход топлива двигателя или удельный расход топлива автомобиля?

В пятой главе на основании полученных результатов автором предложены технические решения и мероприятия по обеспечению эффективности эксплуатации гибридных автомобилей и повышению их надежности. Интересным решением является использование предложенного управляемого рекуператора тепловой энергии, для ускоренного прогрева двигателя.

Даны предложения по стимулированию производства и эксплуатации более эффективных гибридных автомобилей, которые уже использованы или могут быть использованы на государственном уровне.

Замечания по пятой главе.

Опечатка в предложении на стр. 280: «В отличие от автономных отопителей....».

В заключении представлены итоги выполненных автором исследований по каждой из поставленных им задач, даны рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы. Заключение соответствует поставленным целям, пунктам научной новизны и содержанию диссертационной работы.

В приложениях представлены протоколы результатов исследования, документы, подтверждающие защиту разработанных автором объектов интеллектуальной собственности, а также акты внедрения полученных в исследовании результатов на ведущих предприятиях отрасли.

Список литературы достаточно полно охватывает первоисточники по изучаемым вопросам.

В целом работа выполнена на хорошем методическом и теоретико-экспериментальном уровне. Анализ содержания позволяет заключить, что все поставленные задачи решены, а цель исследования достигнута.

Научная новизна полученных автором результатов заключается в научном обосновании:

- установленных закономерности влияния рекуперативного торможения на эффективность эксплуатации гибридных автомобилей;
- выявленных зависимостях влияния условий эксплуатации на топливную экономичность, экологические свойства гибридных автомобилей и изменение технического состояния КЭУ;
- разработанном расчетном методе априорной теоретической оценки топливной экономичности гибридных автомобилей, учитывающего тип и характеристики КЭУ при заданных циклах движения и потери в цепочках передачи энергии;
- метода комплексной оценки и обеспечения эффективности эксплуатации гибридных автомобилей, включающего критерии энергоэффективности и экологической безопасности, обосновании границ экономической целесообразности и методики определения снижения экономических издержек при эксплуатации.

Значимость для науки и практики результатов диссертации и конкретные пути их использования

Значимость работы для науки заключается в:

- установлении влияния рекуперативного торможения на эффективность гибридных автомобилей, включая разработанные методики определения, критерии и влияющие факторы;
- установлении влияния условий эксплуатации на топливную экономичность и экологические свойства гибридных автомобилей, а также закономерности изменения технического состояния КЭУ при эксплуатации;

- разработке метода априорной теоретической оценки топливной экономичности гибридных автомобилей с различными типами энергоустановок при разных циклах движения;

- разработке методологии комплексной оценки и обеспечении эффективности эксплуатации гибридных автомобилей, включающей методику оценки снижения экономических издержек при эксплуатации, обоснование границ экономической целесообразности эксплуатации, критерии оценки энергоэффективности и экологической безопасности.

Практическая значимость работы заключается в:

- обосновании границ эффективной эксплуатации гибридных автомобилей с разными типами КЭУ в зависимости от годового пробега и периода эксплуатации, получении результатов оценки эффективности гибридных автомобилей разных категорий на основании разработанных критериев;

- разработке технических решений и мероприятий, направленные на улучшение эффективности и надежности гибридных автомобилей при эксплуатации.

Практическая значимость подтверждается применением результатов в российских предприятиях, осуществляющих разработку и производство электротранспорта, организациях, эксплуатирующих и обслуживающих гибридные автомобили, обеспечивающих техническую и информационную поддержку при эксплуатации гибридных автомобилей, а также в образовательном процессе при подготовке специалистов автотранспортного комплекса. Важным является применение результатов работы при реализации государственных программ поддержки, производства и использования экологически чистого транспорта.

Достоверность полученных результатов

Достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования обеспечивается:

- обоснованностью принятых допущений при разработке расчетных моделей и исследуемых зависимостей;
- высокими метрологическими показателями средств измерений, используемых в процессе проведенных автором исследований;
- применением известных общенаучных методов, использованием сертифицированных средств измерения, применением алгоритмов проверки и верификации, экспериментальным подтверждением полученных результатов и

сопоставлением их с опубликованными результатами исследований других авторов;

- согласованностью выводов теоретического анализа с результатами натурных экспериментов.

Общая оценка структуры и содержания диссертационной работы

Диссертация работа написана грамотно, на современном научном уровне с использованием специальной терминологии. Название диссертационной работы соответствует её содержанию, главы оформлены надлежащим образом и изложены в логической последовательности.

Анализ диссертации позволяет утверждать, что сформулированные в ней положения, научно обоснованы, достоверны и обладают научной новизной, а диссертационное исследование соответствует требованиям паспорта научной специальности 2.9.5 Эксплуатация автомобильного транспорта в области исследований по п. 6. «Обеспечение экологической и дорожной безопасности автотранспортного комплекса; совершенствование методов автодорожной и экологической экспертизы, методов экологического мониторинга автотранспортных потоков» и п. 22 «Методы ресурсосбережения в автотранспортном комплексе».

Представленные в диссертации научные положения, выносимые на защиту, достаточно полно отражены в 150 печатных работах, из которых 20 статей в журналах рекомендуемых ВАК, 12 работ опубликовано в международных индексируемых базах Scopus и Web of Science. Издано 2 монографии, получено 2 патента на полезную модель, 1 свидетельство о регистрации программ ЭВМ и баз данных. Результаты диссертационной работы прошли апробацию на международных и всероссийских конференциях различного уровня проводимых, в ведущих вузах России.

Соответствие автореферата основным положениям и выводам диссертации

Автореферат выполнен в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11-2011 г. Он полностью отражает содержание диссертации и позволяет сделать выводы о полученных автором теоретических, экспериментальных и практических результатах исследования.

В автореферате изложены: актуальность темы исследования; степень ее разработанности; цели и задачи; научная новизна; теоретическая и практическая значимость работы; положения, выносимые на защиту; методы исследования; степень достоверности и апробация результатов.

Термины и определения, используемые в диссертации и автореферате, соответствуют официально утвержденным стандартам.

Общие вопросы и замечания по диссертационной работе:

1. Как будет рассматриваться эффективность гибридных автомобилей подобных Tank 500, LiXiang разработанных для достижения высоких динамических качеств, а не для экономии топлива?

2. Расход топлива гибридных автомобилей, который получен в разных разделах работы все-таки сопоставляется с заводскими значениями или рекомендованными Методикой расчета Минтранс РФ ?

3. Рассматривается ли в работе оценка эффективности движение на электричестве, полученной от внешней электрической сети?

4. При прогнозировании расхода топлива приближенного к условиям эксплуатации следует учитывать влияние низкой температуры, прогревов и загрузки автомобиля.

5. Как приведенные в работе результаты соответствует общеизвестным подходам к оценке эффективности гибридных автомобилей?

6. Не рассмотрен вопрос, каким образом будут влиять замена АКБ гибридных автомобилей на их ресурсосбережение при эксплуатации?

7. Рассмотрены ли вопросы по обеспечению доступности ремонта для регионов, в которых нет крупных ремонтных тех. центров по обслуживанию гибридных автомобилей?

Перечисленные замечания не критичны и не оказывают существенного влияния на полученные результаты, научную новизну, полноту и качество исследования, поэтому не снижают общей ценности и положительной оценки диссертационной работы.

Заключение о соответствии диссертации

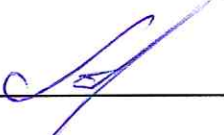
«Положению о порядке присуждения ученых степеней»

Представленная диссертация является научно-квалификационной работой, в которой В.А. Раковым на основании выполненных исследований изложен комплекс методов оценки, научно-технических решений, критериев, рекомендаций, внедрение которых вносит значительный вклад в повышение

эффективности автомобильного транспорта страны за счет использования гибридных автомобилей.

Диссертация отвечает требованиям критерия пунктов 9 - 14 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Минобрнауки РФ, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. к докторским диссертациям, а ее автор, Раков Вячеслав Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук, по специальности 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта (технические науки).

Официальный оппонент,
доктор технических наук по специальности
05.22.10. Эксплуатация автомобильного транспорта,
доцент, профессор кафедры "Эксплуатация
автомобильного транспорта и автосервис",
ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)»


Асоян Артур Рафикович 04.09.2025г.

Сведения о месте работы: ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64, info@madi.ru, 8 (499) 155-03-76

Подпись Асояна Артура Рафиковича, доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)» заверяю:

Ученый секретарь ученого совета Университета


04.09.2025
 М.Ю. Алексеева