



Общество с ограниченной ответственностью
«Научно-производственное объединение «Горизонт»
(ООО «НПО «Горизонт»),
ул. Мамина-Сибиряка, стр. 145,
г. Екатеринбург 620000
Тел. (343) 237-28-20, 237-28-21
E-mail: info@npohorizont.ru
<http://www.npohorizont.ru>
ОКПО 72885866 ОГРН 1156658097397
ИНН: КИ 110685103809/668501001

ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ»

Диссертационный совет 31.1.008.01

ОТЗЫВ

**На автореферат диссертации Климова Александра Владимировича
«Методология повышения эффективности электробуса на основе синтеза законов
управления электромеханической силовой передачей»,
представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по
специальности: 2.5.11 – «Наземные транспортно-технологические средства и
комплексы»**

Обилие в эксплуатации электрифицированных колёсных транспортных средств с различными вариантами конструктивных схем электромеханических силовых передач различного типа и электрохимическими источниками энергии подтверждают актуальность темы исследования, поскольку неуклонно идёт борьба за повышение эффективности и максимизацию пробега на одной подзарядке для данной техники. Автор взялся за поиск решения актуальной и сложной задачи как для теории мобильных машин, так и для процесса проектирования.

В первой главе представлен обширный анализ проведённых работ по теме исследования, а также сформулирована цель и задачи работы.

Во второй главе представлено описание математической модели системы «транспортное средство с электромеханической силовой передачей – окружающая среда», с помощью которой возможно исследование параметров пространственного движения машины и характеристик рабочего процесса силовой передачи. Приводятся также базовые зависимости, используемые в модели, а также результаты её верификации и валидации.

В третьей главе автор приводит рекомендации по синтезу ключевых характеристик компонентов силовой передачи, которые позволяют обеспечить минимизацию удельных потерь энергии, увеличение их энерговооружённости. Данные рекомендации автором

приводятся на основании анализа условий эксплуатации электробусов, опыта проектирования и могут быть использованы разработчиками.

В четвёртой главе рассматривается синтез адаптивных программных наблюдателей для оценки ключевых параметров рабочих процессов, которые в дальнейшем используются для повышения адаптивности и эффективности методов управления, а также результаты проверки их работоспособности и эффективности методами математического моделирования. Стоит отметить, что предлагаемые наблюдатели могут быть использованы для повышения адаптивности управления и других систем, при управлении которыми требуется данная информация.

В пятой главе устанавливаются закономерности (условия, характер, места) возникновения высокоинтенсивных нелинейных колебаний в системе «электромеханическая силовая передача – колесо – дорога», которые могут перерасти в автоколебания для различных режимов движения. Подтверждаются с помощью математического моделирования и натурных экспериментальных исследований закономерности.

В шестой главе рассматриваются теоретические основы синтеза метода управления силовой передачей позволяющего обеспечить снижение динамической нагруженности при подавлении высокоинтенсивных колебаний и устранения автоколебаний за счёт выведения из системы «электромеханическая силовая передача – колесо – дорога» энергии их провоцирующей при введении в управление противофазного диссипативного момента. Проводится проверка работоспособности и эффективности предлагаемого метода.

В седьмой главе приводятся теоретические основы и реализация метода повышения энергоэффективности движения машины за счёт уменьшения потерь и увеличения рекуперации энергии и снижения динамической нагруженности электромеханической силовой передачи при переходе между режимами при управлении только с помощью педали акселератора, а также результаты проверки методами математического моделирования работоспособности метода. Предлагаемый метод управления может быть использован при разработке программного обеспечения электрифицированных транспортных средств различного класса.

В восьмой и девятой главах приводится описание программы экспериментов, описание используемого оборудования, результаты экспериментальных исследований предлагаемых методов управления, подтверждающие их работоспособность, функциональность и эффективность в различных условиях.

В заключении приводятся выводы по проведённому автором исследованию.

Основные положения работы опубликованы в 39 научных изданиях, среди которых 21 в изданиях из перечня, рекомендованного ВАК РФ, а 7 из перечня Scopus. На некоторые результаты работы получены авторские свидетельства на полезные модели и изобретения, а также свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Работа имеет научную новизну, к которой можно отнести следующие положения: установленные закономерности возникновения интенсивных колебаний в системе «электромеханическая силовая передача – колесо – дорога», эффект их синхронизации, метод управления, позволяющий обеспечивать подавление данных явлений, метод оценки ключевых параметров рабочего процесса в системе, а также метод управления обеспечивающий энергосбережение и реализацию более эффективного выполнения транспортных операций.

В работе также приводятся новые результаты экспериментальных исследований, позволяющие в дальнейшем развить теорию и вопросы проектирования электромеханических передач транспортных колёсных машин.

По автореферату можно высказать следующие замечания:

1. Автор предлагает подавлять колебания в силовой передаче при помощи введения в расчёт и назначение уставки, которую должна реализовать передача «диссипативного» момента. Но учитывая высокую скорость протекания процесса было бы рационально реализовать данный метод на уровне алгоритмов управления инвертора, поскольку последний имеет более высокую скорость работы;

2. Очевидно, что при снижении тормозного момента будет происходить увеличение тормозного пути, что может привести к невыполнению необходимых требований к тормозной динамике. Из текста автореферата не до конца ясно каким образом предлагается обеспечивать их выполнение;

3. В автореферате недостаточно подробно описано применяемое при экспериментальных исследованиях испытательное оборудование.

Данные замечания, видимо, связаны с ограниченностью автореферата, имеют рекомендательный характер и не могут повлиять на основные результаты, выводы и рекомендации автора.

В целом автором проделана большая работа, получены важные результаты как теоретические, так и практические.

Диссертационная работа «Методология повышения эффективности электробуса на основе синтеза законов управления электромеханической силовой передачей» соответствует требованиям, предъявляемым к работам на соискание учёной степени

доктора технических наук, а сам автор, Климов Александр Владимирович, заслуживает присуждения ему учёной степени доктора технических наук по специальности 2.5.11 – «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы».

Я, Рахимов Дамир Альмирович, даю своё согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Климова Александра Владимировича, и их дальнейшую обработку.

С Уважением,
Генеральный директор



Д. А. Рахимов

23.06.2026

Адрес: 620137, г. Екатеринбург, ул. Блюхера, 50
Телефон: +7 (922) 615-94-88
e-mail: rakhimovda@horizont-npp.ru