

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу Заватского Александра Михайловича на тему «Методы активного распределения момента между осями полноприводного электромобиля», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.11 – Наземные транспортно-технологические средства и комплексы.

Актуальность темы диссертации.

В связи с ухудшением экологической обстановки в настоящий момент происходит активное развитие автомобилей с электрическими и комбинированными энергоустановками (КЭУ) по всему миру. Параллельно с этим сохраняется рост рынка полноприводных легковых автомобилей, как с ДВС в качестве силовой установки, так и с электрическими и комбинированными энергоустановками. Для автомобилей с ДВС и с некоторыми схемами КЭУ распределение момента по колёсам выполняется механически при помощи агрегатов систем полного привода, как пассивных, с жестким включением и дифференциалами, так и активных, как правило с применением фрикционных муфт. Активные системы полного привода, которые состоят из механической части и электронного блока управления распределением момента, применяются для повышения уровня проходимости, безопасности и других потребительских свойств автомобиля. Однако, большая доля полноприводных электромобилей и автомобилей с КЭУ имеет схемы, при которых крутящий момент генерируется электромоторами независимо на передней и задней оси или на каждом колесе. Т.к. в этом случае передняя и задняя ось электромобиля не связаны друг с другом механически, если не считать связь через опорную поверхность, наличие автоматического распределения момента по осям или колёсам становится не только дополнением для повышения уровня потребительских свойств, но и базовой необходимостью.

Таким образом, **актуальность** избранной темы определяется ростом рынка автомобилей с электрическими силовыми установками, ростом рынка полноприводных автомобилей, и необходимостью в связи с этим разработки методов распределения запрашиваемого момента между электромоторами, обеспечивающих конкурентоспособный уровень потребительских свойств.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертационная работа Заватского А.М. состоит из введения, четырех глав основного текста, заключения, списка использованных литературных источников и приложений. Общий объем диссертационной работы составляет 133 страницы машинописного текста (без приложений), 75 рисунков и 5 таблиц. Список литературы включает в себя 124 источника. Структура диссертационной работы соответствует перечню задач, поставленных для достижения сформулированной цели исследования.

Во введении даны обоснование актуальности темы диссертационного исследования, его цель и задачи, а также научная новизна, практическая значимость, результаты реализации и апробации выполненных работ.

В первой главе диссертационной работы проведен анализ существующих методов повышения курсовой устойчивости и противодействия буксованию ведущих колес полноприводных автомобилей, как с ДВС, так и с тяговыми электромоторами, путем распределения, подводимого к колёсам крутящего момента. Рассмотрены существующие алгоритмы управления, и отдельные методы, применяемые в этих алгоритмах.

В второй главе диссертационной работы представлено описание разработанной имитационной модели криволинейного движения транспортного средства по недеформируемой опорной поверхности с двумя тяговыми электромоторами для исследования динамических свойств колесной машины и виртуальных испытаний разрабатываемых методов распределения момента. При разработке имитационной модели сформулированы требования и обоснованы допущения. Учтены инерционные характеристики, характеристики шин, элементов подвески, характеристики сцепления и сопротивления опорной поверхности и воздуха, так как эти факторы влияют на продольную и поперечную динамику автомобиля. Представлены блок-схемы модели колесной машины, разработанные в среде имитационного моделирования Simcenter Amesim. В этой же главе приводятся результаты валидационных испытаний имитационной модели.

В третьей главе диссертационной работы описаны предлагаемые комплексные методы распределения момента по ведущим осям полноприводного электромобиля:

-комплексный метод повышения курсовой устойчивости, включающий метод снижения вероятности потери курсовой устойчивости, метод автоматического обнаружения потери курсовой устойчивости и метод стабилизации движения путём перераспределения момента между активными осями при потере курсовой устойчивости;

-комплексный метод противодействия буксованию колёс, включающий метод снижения вероятности буксования ведущих колёс, метод автоматического обнаружения буксования ведущих колёс, и метод противодействия обнаруженному буксованию ведущих колёс.

В четвертой главе диссертационной работы выполнена оценка работоспособности и эффективности предложенных методов, результаты испытаний, подтверждающих работоспособность и эффективность предложенных алгоритмов распределения момента по электромоторам колёсной машины.

В заключении обобщаются результаты исследования предложенных методов распределения момента по осям полноприводного электромобиля и представлены выводы. Выводы соответствуют структуре работы и являются научно-обоснованными.

Список литературы включает отечественные и зарубежные научные публикации в областях теории динамики автомобиля, имитационного моделирования и систем автоматического управления, включая системы автоматического управления распределением момента по осям и колёсам полноприводных электромобилей.

Научная новизна диссертации:

1. Разработан и исследован новый комплексный метод повышения курсовой устойчивости, отличающийся применением комбинированного регулятора, обеспечивающего целевую поворачиваемость автомобиля, и способствующего возвращению курсовой устойчивости в случаях сноса, заноса и контрповорота путём перераспределения запроса момента между осями автомобиля.
2. Разработан и исследован новый комплексный метод противодействия буксованию ведущих колёс, отличающийся применением функции подавления автоколебаний крутящего момента.

Обоснованность и достоверность результатов и выводов

При анализе диссертационной работы можно отметить следующие ее аспекты:

- аргументированное описание предлагаемых методов повышения курсовой устойчивости и противодействия буксованию ведущих колёс;
- адекватность математической модели динамики автомобиля подтверждена численными характеристиками погрешностей, определенными на основании результатов испытаний;
- достоверность результатов исследования разработанных методов повышения курсовой устойчивости и противодействия буксованию ведущих колёс подтверждена вычислением показателей эффективности, произведенном в

соответствии с принятыми процедурами экспериментальных исследований динамики автомобиля.

- сформулированные выводы по результатам научных исследований, проведенных в работе, обоснованы и соответствуют цели и задачам диссертации.

Отмеченные аспекты позволяют считать, что результаты и выводы, представленные в диссертационной работе, являются корректными и научно-обоснованными.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическую ценность диссертационной работы составляют предложенные методы и функции повышения курсовой устойчивости и противодействия буксованию ведущих колёс полноприводных электромобилей.

Разработанные методы позволяют повысить уровень конкурентоспособности автомобиля за счет улучшения его эксплуатационных свойств, в частности повышения курсовой устойчивости.

Практическую значимость представляют описания разработанных на основе предложенных методов алгоритмов и их реализация в виде программного обеспечения, которое может быть включено в состав контроллеров систем управления движением автомобилем.

Диссертационная работа и ее результаты могут быть рекомендованы в качестве методических материалов и источника практически полезной информации для исследователей и инженеров, работающих в областях автоматизации управления движением и активной безопасности автомобилей.

Реализация работы.

Результаты диссертационного исследования реализованы и внедрены в структуру программного обеспечения транспортного средства с КЭУ разрабатываемого в рамках государственного контракта ФГУП «НАМИ» с Министерством промышленности и торговли РФ (в 2021-2023 гг.)

Соответствие результатов диссертации научной специальности.

Тема и содержание диссертационной работы соответствует формуле научной специальности 2.5.11. «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы». Диссертация соответствует 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.» и п. 4 «Математическое моделирование рабочих

процессов транспортно-технологических средств, в том числе в их узлах, механизмах, системах и технологическом оборудовании при взаимодействии с опорной поверхностью и с рабочими средами (объектами)».

Публикация результатов диссертации, соответствие автореферата её содержанию.

Основные положения работы опубликованы в 6 научных статьях, в том числе три статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации материалов диссертаций на соискание степеней доктора и кандидата технических наук, одна статья в издании, индексируемом в международной базе данных Web of Science и одна статья в издании, индексируемом в международной базе данных Scopus.

Основные положения и результаты диссертации обсуждались на международных научно-технических конференциях в 2018-2023 гг.

Структура и содержание автореферата в достаточной мере отражают содержание диссертации.

Замечания по диссертации и автореферату.

В ходе ознакомления с диссертационной работой и авторефератом возникли следующие вопросы:

1. В работе сделан акцент на проведении виртуальных испытаний на предмет работоспособности метода противодействия автоколебаниям, однако не проведены натурные испытания на реальном автомобиле и соответственно не предоставлены результаты.
2. В работе отмечается, что применение алгоритмов перераспределения крутящих моментов снижает вероятность возникновения пробуксовки ведущих колес, но на приведена количественная оценка этой вероятности.
3. Автор работы не учитывает, насколько быстро или медленно нарастает крутящий момент, хотя для приводных систем данный параметр следует учитывать.

Приведенные замечания не снижают ценность работы как в практическом, так и в теоретическом плане, они подтверждают важность развития исследований в выбранном направлении, связанном с созданием методов управления полным приводом электромобилей.

Заключение.

Рассмотренная диссертация является самостоятельной завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи разработки методов активного распределения момента по осям полноприводного автомобиля. Диссертационное исследование имеет научную ценность и практическую значимость для автомобильной промышленности.

Полученные автором результаты достоверны, выводы обоснованы. Сделанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей положительной оценки работы.

Автореферат диссертационной работы в достаточной мере отражает ее содержание и соответствует требованиям ВАК РФ. Выполненное исследование соответствует паспорту научной специальности 2.5.11. «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы». и критериям оценки диссертационных работ, изложенным в Постановлении Правительства РФ №842 от 24.09.2013.г. «О порядке присуждения ученых степеней».

Автор диссертации «Методы активного распределения момента между осями полноприводного электромобиля», Заватский Александр Михайлович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.11. «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы».

Официальный оппонент

главный специалист по программированию

и имитационному моделированию

ООО Инновационный центр «КАМАЗ»

к.т.н.

Антонян А.В.



тел.: +7 925 353 70 50

E-mail: antonyan.akop@yandex.ru

Научная специальность оппонента Антоняна Акопа Вагановича: 05.05.03 «Колесные и гусеничные машины». Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук защищена 01.07.2021 г. в МГТУ им. Н.Э.Баумана, г. Москва.

Подпись А.В. Антоняна заверяю:  01.11.2023

ООО Инновационный центр «КАМАЗ», адрес: 121205, Москва, Инновационный центр Сколково, ул. Большой бул., 62, официальный сайт: <https://ickamaz.ru/>

