

ОТЗЫВ

официального оппонента Тумасова Антона Владимировича на диссертацию Лапенкова Романа Алексеевича «Методы расчёта электромеханического привода колес полуприцепа активного автопоезда в составе с седельным тягачом с механической трансмиссией», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.11. Наземные транспортно-технологические средства и комплексы.

Актуальность

Седельные автопоезда получили широкое распространение благодаря своей высокой грузоподъемности, монтажной способности и универсальности тягачей. При этом основным недостатком, ограничивающим расширение применяемости автопоездов, явилась их низкая подвижность, в первую очередь в сложных дорожных условиях. Ограничением в движении автопоезда в таких условиях может выступать недостаточная сила тяги, которая обусловлена недостаточной мощностью двигателя, а также неполным использованием сцепного веса автопоезда. При этом, наращивание мощности двигателя тягача не дает должного эффекта для улучшения подвижности в сложных дорожных условиях (на грунтах с низкой несущей способностью и малым коэффициентом сцепления). Увеличение крутящего момента на колесах тягача в такой ситуации приводит только к их интенсивному буксованию ведущих колес.

Принципиально иным решением является трансформация сил, действующих на полуприцеп: перевод его колес из ведомого режима (где они создают силу сопротивления) в ведущий (где они создают дополнительную силу тяги). Это позволяет реализовать совокупный сцепной вес всего автопоезда, а не только тягача, что открывает новые возможности для улучшения тягово-скоростных свойств.

Одним из способов повышения проходимости автопоездов является активизация колес полуприцепа с помощью электромеханического привода. Учитывая большое количество уже созданных тягачей с традиционными механическими и гидромеханическими трансмиссиями, актуальной задачей является исследование возможности использования существующих полноприводных тягачей с активными полуприцепами, созданными на базе новых технических решений с использованием электропривода. По этой причине исследования Лапенкова Р.А. решают важную и актуальную научную задачу: разрешение противоречия между потребностью в повышении проходимости и ограниченностью ресурса мощности единой силовой установки. Работа посвящена разработке метода расчёта электромеханического привода колес полуприцепа, работающего синхронно с механической трансмиссией тягача от общего двигателя внутреннего сгорания, что имеет существенное значение для развития наземных транспортно-технологических средств.

Задачи, решаемые в работе

В своей работе Лапенков Р.А. акцентировал внимание на решении следующих задач:

- 1) Проведение анализа ранее выполненных работ, опыта разработки и применения активных автопоездов, грузовых автомобилей с электромеханическими трансмиссиями.

- 2) Разработка комплексной математической модели динамики активных тяжелых автопоездов (далее АТА) в составе седельного тягача с механической трансмиссией и полуприцепа с электромеханическим приводом всех колес.
- 3) Исследование динамики активного автопоезда для подтверждения эффективности перераспределения крутящего момента с целью повышения тягово-скоростных свойств АТА.
- 4) Разработка метода расчета характеристик тягового электропривода колес полуприцепа автопоезда в составе с седельным колесным тягачом с механической трансмиссией и выбора рационального соотношения мощности между колесами тягача и полуприцепа.
- 5) Разработка и испытания масштабной физической модели АТА, проведение оценки повышения тягово-динамических свойств и проходимости при активизации колес полуприцепа.

Научная новизна

Научная новизна диссертационного исследования заключается:

- в разработанной новой комплексной математической модели динамики АТА в составе седельного тягача с механической трансмиссией и полуприцепа с электромеханическим приводом всех колес;
- в новом методе расчета характеристик электромеханических трансмиссий полуприцепов на основе мощностного баланса для обеспечения работы совместно с механической трансмиссией тягача от единой силовой установки в виде двигателя внутреннего сгорания, установленного на тягаче;
- в обоснованном рациональном распределении мощности между колесами тягача и полуприцепа.

Обоснованность правильности решения и достоверность полученных результатов

Адекватность математической модели подтверждается удовлетворительными результатами сравнительного анализа данных различных методов расчёта тягово-скоростных характеристик автопоезда и сведений, полученных в ходе натуральных экспериментов.

Теоретические исследования проведены на основе фундаментальных положений теории движения автомобиля, теоретической механики, электротехники и методов компьютерного моделирования.

Экспериментальные исследования проведены с использованием методов масштабных натуральных испытаний с применением специального измерительного и регистрирующего оборудования.

Практическая значимость

Практическая значимость диссертационного исследования заключается:

- в повышении опорной проходимости автопоездов при движении по плохим дорогам и бездорожью;
- в увеличении силы тяги на колесах в 1,6 раза для выбранного объекта исследований;
- в увеличении скорости движения автопоезда в тяжелых дорожных условиях на 50% (12,7 км/ч вместо 8,3 км/ч по сухой пахоте для выбранного объекта исследований);

- в возможности обеспечения совместной работы двух различных типов трансмиссии от единой силовой установки в виде двигателя внутреннего сгорания.

Следует отметить успешное внедрение результатов работы в АО «СЗРЦ Концерн ВКО «Алмаз-Антей» - Обуховский завод», АО «НПО «Алмаз» и АО «АЗ «Урал» для выполнения расчета привода и динамики многофункциональных транспортных средств.

Подтверждение публикации основных результатов работы в научных печатных изданиях

Основные положения и результаты диссертационной работы в полной мере изложены в 8 научно-технических работах, в том числе в 6 статьях, опубликованных в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ, а также 2 статьях в изданиях, индексируемых в базе данных РИНЦ. В опубликованных работах автору принадлежат основные научные идеи, теоретические и прикладные разработки, заключения и выводы.

Оценка структуры, содержания диссертации и завершенности работы в целом

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, списка принятых сокращений, списка использованных литературных источников. Общий объем диссертационной работы составляет 140 страниц машинописного текста, включая 65 рисунков, 21 таблицу, использованных источников из 106 наименований, список сокращений на 2 страницах. Приложение на 4 страницах включает сканы актов внедрения результатов диссертационной работы.

Во введении приведен общий анализ исследуемой проблемы, обоснована актуальность проведения исследования, направленного на улучшение показателей проходимости активного автопоезда, обоснована научная новизна и практическая значимость работы, сформулированы цель и задачи диссертационного исследования.

В первой главе содержится описание и анализ ранее выполненных работ. Проведен анализ научно-технической литературы по теме диссертации, включающий труды как отечественных, так и зарубежных исследователей. Рассмотрены перспективы и преимущества применения активных автопоездов. Рассмотрены труды, посвященные анализу влияния на проходимость по местности технических решений колесных транспортных средств, а также проведен анализ современных методов расчета параметров различных приводов по теме диссертации.

Вторая глава посвящена разработке комплексной математической модели динамики автопоезда в составе седельного тягача с механической трансмиссией и полуприцепа с электромеханическим приводом колес, позволяющая проводить теоретические исследования динамики автопоезда. Сформулирован общий принцип разработки математической модели динамики активного автопоезда в составе седельного тягача с механической трансмиссией и полуприцепа с электромеханическим приводом всех колес. Математическая модель автопоезда блочного типа представлена как комплекс взаимосвязанных математических моделей отдельных подсистем: модели колёс, подвесок колёс, рулевого управления, силового агрегата тягача, трансмиссии и привода колёс тягача и полуприцепа. Наибольшее внимание уделено блоку, связанному с трансмиссией и силовой установкой, так как предметом исследования в первую очередь является тяговая динамика автопоезда.

В третьей главе приведены результаты моделирования динамики активного автопоезда и приведен метод расчёта определения требуемых характеристик тягового привода полуприцепа. Проведена оценка на адекватность математической модели путем сравнения результатов моделирования с результатами натурных испытаний автопоезда с тягачом БАЗ-6402, проведенных на базе 21 НИИИ ВАТ МО РФ, и результатами тягово-динамического расчёта. Приведены результаты анализа полученных в ходе расчетных исследований данных, которые доказывают эффективность предложенных подходов и решений.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований динамики автопоезда на основе масштабной физической модели и рекомендации по дальнейшим исследованиям. Приведены корректные обоснования подобия физической модели реальному объекту исследований. Приводятся результаты исследований проходимости физической модели и анализа её тягово-динамических свойств в условиях стандартных и специальных испытаний в различных дорожных условиях. Приведен вывод о том, что результаты математического и физического моделирования достаточно коррелируются между собой и позволяют сделать общий вывод о повышении эксплуатационных свойств автопоезда при активизации колес полуприцепа. Кроме того, полученные результаты позволяют рекомендовать использование разработанных математических моделей при проектировании активных автопоездов.

В заключении приведены общие выводы по результатам проведенных исследований. Сформулированы рекомендации по использованию результатов диссертации.

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации

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

Соответствие направления и темы диссертационных исследований пунктам паспорта научной специальности

Диссертация Лапенкова Р.А. «Методы расчёта электромеханического привода колес полуприцепа активного автопоезда в составе с седельным тягачом с механической трансмиссией» соответствует паспорту научной специальности 2.5.11. Наземные транспортно-технологические средства и комплексы, а именно пунктам:

- 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.3. Экспериментальные исследования и испытания транспортно-технологических средств и их комплексов, а также отдельных систем, агрегатов, узлов, деталей и технологического оборудования.
- п.5. 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).

Замечания и вопросы по диссертационной работе

1. В заключении Главы 1 (диссертация, стр. 40) указаны задачи исследования, среди которых первой задачей является «Проведение анализа ранее выполненных работ, опыта разработки и применения активных автопоездов, грузовых автомобилей с электромеханическими трансмиссиями». Задача, безусловно, важная, но она во многом раскрыта в самой первой главе диссертации, в частности, в разделе 1.2 (диссертация, стр. 27-34). Скорее всего, следовало иначе сформулировать задачу и акцентировать внимание на установлении каких-то взаимосвязей между техническими параметрами известных решений, достаточно подробно описанных автором.
2. В Главе 2 на рис. 2.1, 2.4, 2.5 (диссертация, стр. 45, 50, 52 соответственно) показаны схемы, необходимые для оценки поперечной динамики транспортного средства. Поперечные составляющие присутствуют во многих выражениях Главы 2. Тем не менее, автором работы рассматривается исключительно продольная динамика автопоезда, при этом поперечная устойчивость, управляемость, маневренность не исследуются. В этой связи, формулы и выражения можно было существенным образом упростить и оставить в них только то, что связано с продольной динамикой.
3. В табл. 3.1 Главы 3 (диссертация, стр. 65) представлены технические характеристики базового варианта моделируемого автопоезда. К сожалению, автор не приводит сведений о развесовки транспортного средства по осям. Впоследствии, при анализе результатов моделирования движения по разным грунтам (диссертация, рис. 3.11 и 3.12, стр. 79-80), автор анализирует изменение сопротивления грунта вдавливанию по глубине на разных осях автопоезда, но при этом не приводит какие-либо практические рекомендации по выбору рациональных соотношений крутящих моментов по ведущим осям.
4. В Главе 3 определены углы преодолеваемого автопоездом подъема (диссертация, табл. 3.4, стр. 72). Для наглядности в тексте не хватает графиков динамического фактора АТА (безразмерная величина) при различных схемах распределения крутящего момента. Именно по графикам динамического фактора на разных передачах, удобно оценивать величину максимально преодолеваемого подъема на разных передачах в различных диапазонах скоростей при заданном сопротивлении качению.
5. Раздел 3.4 Главы 3 диссертации посвящен описанию результатов математического моделирования движения базового и активного автопоездов. К сожалению, из текста диссертации не понятно, в каком соотношении крутящий момент распределялся между осями тягача и прицепа (в варианте АТА). Ничего не сказано об алгоритмах перераспределения крутящих моментов между осями. В этой связи, не понятно, значения, приведенные в табл. 3.9 «Движение активного автопоезда по различным грунтам» (диссертация, стр. 81), являются предельно возможными или могут быть улучшены за счет адаптивного регулирования крутящего момента на осях АТА?
6. Из текста Главы 4 не понятно, каким образом автор работы симитировал в физической модели корректное распределение массы по осям, соответствующее натурному прототипу. Также очевидно, что КПД элементов трансмиссии физической модели совершенно не соответствует КПД трансмиссии натурального прототипа. К сожалению, из текста диссертации не понятно, что именно автор

работы сделал, для достижения соответствия тяговых и мощностных характеристик физической модели реальному прототипу?

7. В разделе 4.5 «Результаты специальных экспериментальных исследований физической модели» Главы 4 автором работы сделаны выводы, касающиеся движения ПАП и ФМ с АПП по песку и грунту (диссертация, стр. 108-100). Для понимания обоснованности данных выводов требуются дополнительные пояснения, поскольку песок и деформируемый грунт – сложные среды, поведение которых определяется как размером частиц, так и давлением, оказываемым со стороны движителей. Очевидно, что размеры частиц грунта абсолютны одинаковы как для физической модели, так и для натурального прототипа, следовательно, при работе с ФМ должны быть приняты какие-то особые условия, обеспечивающие подобие. Если колеса ФМ недостаточно сильно погружаются в частицы деформируемого грунта, то процессы трения в частицах грунта на его поверхности будут совершенно иными по сравнению с натурными испытаниями полномасштабных прототипов. В итоге результаты модельного моделирования могут оказаться несопоставимыми с теми, которые следует ожидать на реальном прототипе (пересчет на натуру может привести к недостоверным результатам).
8. В Главе 4 автором работы даны предложения по алгоритмам совместной работы моторно-трансмиссионной установки тягача и электромеханического привода колес полуприцепа (диссертация, стр. 116-122). К сожалению, автор работы приводит только словесное описание своих предложений без дополнительных иллюстраций в виде традиционных блок-схем. Это затрудняет понимание идей, предлагаемых автором.
9. В тексте работы иногда встречаются опечатки и грамматические ошибки: неверные падежи и склонения, потерянные окончания (например, стр. 35, 39, 68, 85 и др.).

Указанные замечания не затрагивают принципиальных положений диссертации, отмеченные недостатки не снижают достоинств и общего положительного впечатления от выполненной диссертационной работы.

Заключение

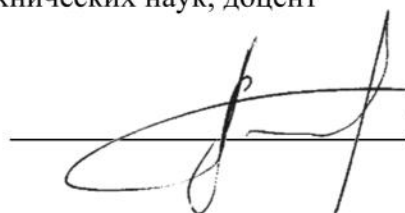
Диссертация Лапенкова Романа Алексеевича «Методы расчёта электромеханического привода колес полуприцепа активного автопоезда в составе с седельным тягачом с механической трансмиссией» является законченной научно-квалификационной работой, обладающей внутренним единством, выполненной автором самостоятельно на высоком уровне, в которой решена научная задача, имеющая существенное значение для развития автомобильной отрасли страны в части развития методов расчета электромеханических систем передачи крутящего момента на колеса полуприцепа автопоезда в составе седельного тягача с механической трансмиссией и новых технических решений при разработке активных тяжелых автопоездов (АТА). Защищаемые соискателем положения отличаются научной новизной и практической значимостью; достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. Задачи, поставленные в работе, решены в полном объёме. Текст автореферата соответствует структуре и содержанию диссертации. В научных трудах по теме диссертации в полной мере отражены основные положения и содержание проведённых исследований.

Диссертация Лапенкова Романа Алексеевича «Методы расчёта электромеханического привода колес полуприцепа активного автопоезда в составе с седельным тягачом с

механической трансмиссией» отвечает паспорту научной специальности 2.5.11 «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы» и соответствует критериям оценки кандидатских диссертационных работ, изложенным в пп. 9...11, 13, 14 Постановления Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. «О порядке присуждения ученых степеней». Автор работы, Лапенков Роман Алексеевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.11. Наземные транспортно-технологические средства и комплексы.

Официальный оппонент

Заведующий кафедрой «Автомобили и тракторы», директор Института транспортных систем ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ), кандидат технических наук, доцент



Тумасов Антон Владимирович
6 марта 2026г.

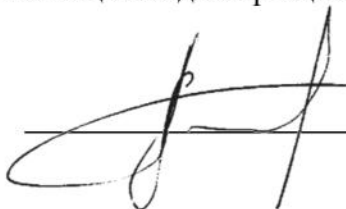
Почтовый адрес:

603155, г. Нижний Новгород, ул. Минина, д. 24, НГТУ

раб. тел. (831) 436-63-64, моб.тел. +79051920576, e-mail: anton.tumasov@nntu.ru

кандидатская диссертация по специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины»

Я, Тумасов Антон Владимирович, даю свое согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Кудрина Александра Борисовича, и их дальнейшую обработку.



Тумасов Антон Владимирович

Подпись Тумасова А.В. заверяю

Проректор по научной работе



Куркин Андрей Александрович