

ОТЗЫВ

официального оппонента Вавилова Вячеслава Евгеньевича на диссертационную работу Горячкина Александра Александровича на тему «Электромеханическая система виброзащиты и стабилизации поперечной устойчивости легкового автомобиля», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы»

Актуальность работы

Диссертация Горячкина А.А. посвящена актуальной для современной автомобильной индустрии проблеме – повышению безопасности и комфорта за счёт улучшения систем виброзащиты и стабилизации поперечной устойчивости транспортных средств. Вибрации при движении и чрезмерные углы крена при маневрировании ухудшают комфорт пассажиров, сохранность грузов, а также устойчивость и управляемость автомобиля. Решением может стать внедрение управляемых подвесок с линейными электромеханическими преобразователями: они отличаются быстродействием, точностью, простотой обслуживания и позволяют эффективно регулировать положение кузова. Работа особенно значима в контексте развития гибридных и электромобилей, где подобные системы становятся важными элементами электротехнического комплекса.

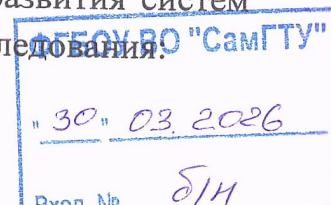
Соответствие паспорту научной специальности

По предмету исследования и решаемым задачам диссертация соответствует специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы» в части: п. 3 «Разработка, структурный и параметрический синтез электротехнических комплексов и систем, их оптимизация, а также разработка алгоритмов эффективного управления», п. 4 «Исследование работоспособности и качества функционирования электротехнических комплексов и систем в различных режимах, при разнообразных внешних воздействиях, диагностика электротехнических комплексов».

Диссертация Горячкина А.А. состоит из введения, четырех разделов, заключения, библиографического списка и приложений.

Введение. Во вступительной части диссертации обоснована актуальность проведенного исследования, определены его цели и задачи, указано текущее состояние изученности темы, а также представлены элементы научной новизны и практической ценности исследования.

Первый раздел содержит научно-технический анализ развития систем виброзащиты и подвесок транспортных средств. В рамках исследования



- рассмотрены актуальные технические решения в области активных подвесок, включая конструкции с магнитореологическими демпферами, линейными двигателями и электронными регуляторами;
- проанализированы проблемы стабилизации поперечной устойчивости автомобилей – от классических механических стабилизаторов до современных активных систем с регулируемой жёсткостью;
- представлены известные конструктивные схемы, математические модели и расчётные методики для систем на базе пневматических опор, электромеханических и гидравлических приводов.

В результате проведённого анализа выявлены ключевые противоречия в требованиях к подвескам, связанные с необходимостью обеспечения баланса между комфортом и управляемостью. Намечены пути их преодоления за счёт внедрения адаптивных и активных технологий, что приобретает особую актуальность в контексте роста популярности электромобилей.

Во втором разделе автором представлены обобщённая и частные математические модели автомобиля как объекта управления углом крена и виброзащиты. В ходе разработки:

- рассмотрена расчётная схема объекта управления;
- выполнено исследование силовых воздействий на подвеску автомобиля в условиях установившегося движения в повороте;
- на основе проведённого анализа получены дифференциальные и операторные уравнения движения объекта управления.

При моделировании учтены следующие факторы, влияющие на динамику транспортного средства:

- центробежная сила, возникающая при повороте и маневрировании;
- кинематические воздействия со стороны дорожного покрытия;
- упруго-диссипативные свойства подвески;
- дополнительное силовое усилие, создаваемое исполнительным элементом системы.

Кроме того, в разделе разработаны структурные схемы объекта управления и получены его передаточные функции по управляющему и возмущающему воздействиям. Это позволяет анализировать реакцию системы на различные типы входных сигналов и закладывает теоретическую основу для синтеза эффективных алгоритмов управления подвеской, обеспечивающих требуемые показатели устойчивости и виброзащитённости.

В третьем разделе диссертации представлена разработка методик синтеза регуляторов для двух ключевых систем: стабилизации угла крена и виброзащиты. С целью оценки их эффективности и устойчивости в различных

режимах эксплуатации выполнено компьютерное моделирование динамических характеристик указанных систем.

Дополнительно проведён детальный анализ виброзащитных свойств активной подвески с линейным электромеханическим преобразователем (ЛЭПТ) в пассивном режиме работы. В рамках исследования:

- изучены показатели подавления колебаний и вибраций;
- оценена способность системы снижать динамические нагрузки на кузов и подвеску при типовых воздействиях со стороны дорожного покрытия.

Четвертый раздел посвящен описанию разработанной макетной установки и результатам экспериментальных исследований:

- детально описана конструкция и функциональные возможности макетной установки;
- исследованы статические и динамические характеристики линейного электромеханического преобразователя;
- подтверждена работоспособность и эффективность системы стабилизации угла крена в различных режимах;
- смоделирована работа активной подвески в режиме виброзащиты с анализом динамики системы при типовых воздействиях.

Сопоставление расчётных и экспериментальных данных подтвердило адекватность математических моделей и точность теоретических прогнозов. Выявлены направления доработки системы для повышения эффективности. Цель работы достигнута.

Новизна исследований и полученных результатов

Научная новизна. К числу наиболее существенных и принципиально новых научных результатов, полученных в ходе исследования, относятся:

- разработанные математические модели электромеханических систем виброзащиты и стабилизации поперечной устойчивости легкового автомобиля, позволяющие комплексно анализировать динамику взаимодействия компонентов системы и прогнозировать их поведение в различных режимах эксплуатации;
- созданная методика параметрического синтеза регуляторов систем виброзащиты и стабилизации угла крена кузова легкового автомобиля, обеспечивающая оптимизацию параметров управления с учётом заданных критериев эффективности и устойчивости.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций.

Проведённое исследование вносит существенный вклад в развитие теории и практики управления динамическими характеристиками транспортных средств. Этот вклад обеспечивается:

- разработкой обобщённой и частных математических моделей легкового автомобиля как объекта виброзащиты и стабилизации поперечной устойчивости;
- созданием методик структурно-параметрического синтеза систем с заданными показателями качества регулирования.

Практическая ценность работы заключается в том, что предложенные решения позволяют значительно повысить виброзащищённость и стабилизацию поперечной устойчивости транспортных средств. Экспериментальная верификация разработанных подходов выполнена на макетной установке с линейной машиной постоянного тока. Полученные результаты создают научно-техническую основу для внедрения предложенных систем в реальное производство, что документально подтверждено соответствующим Актом использования результатов работы.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность научных результатов подтверждается использованием строгих математических методов анализа, проведением экспериментальных проверок и сопоставлением с теоретическими и практическими результатами, полученными другими исследователями. Теоретические исследования, представленные в виде статических и динамических характеристик, были проверены на макетном образце.

Замечания. В ходе ознакомления с работой выявлены следующие замечания:

1. В автореферате указано неверное имя официального оппонента.
2. В диссертации не обосновано применение операционных усилителей для построения регуляторов в макетной установке вместо предложенного решения со штатным бортовым компьютером.
3. Некоторые решения по теме диссертации содержат элементы технической новизны, но у автора отсутствуют патенты, связанные с данной работой.
4. Недостаточно полно указаны отличия предложенной методики синтеза регуляторов системы виброзащиты от известных методик синтеза систем автоматического управления.
5. Нет оценки экономической эффективности для автомобилей разработанной автором системы, так как моделирования и исследования проводились, например, на автомобиле Лада Largus, но вряд ли на использовании данной системы на подобном автомобиле требует детального экономического анализа.
6. В Главе 4 диссертации при экспериментальных исследованиях рассчитывается коэффициент усиления токового контура. Согласно

полученным диссертантом результатам расчета этого коэффициента он является безразмерным, но при этом в его расчёт входит ряд размерных коэффициентов. Диссертанту рекомендовалось бы более детально расписать выражения для расчёта данного коэффициента, чтоб оно было проверяемо.

7. Не ясно из текста диссертации, насколько экспериментально исследуемая в главе 4 электрическая машина подобна электрическим машинам, которые планируется использовать в реальных адаптивных подвесках.

8. В диссертации имеются орфографические, стилистические и грамматические ошибки.

Заключение

Указанные замечания не снижают ценности выполненной работы. В целом диссертация Горячкина А.А. представляет законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований содержится решение научной задачи, имеющей важное значение для электротехнических комплексов и систем, и соответствует требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатской диссертации в области технических наук, а Горячкин Александр Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.2 – «Электротехнические комплексы и системы».

Официальный оппонент, главный научный сотрудник ООО «ЭТК», д.т.н., доцент

Вавилов Вячеслав Евгеньевич

Подпись Вавилова В.Е. заверяю

Генеральный директор ООО «ЭТК»

А.А. Подгузов

Ф.И.О., предоставившего отзыв: Вавилов Вячеслав Евгеньевич

Почтовый адрес организации: 450078, Республика Башкортостан, г. Уфа, пр-кт Салавата Юлаева, д. 61, помещ. 2

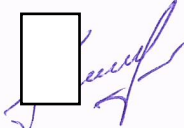
Адрес электронной почты: sales@npoetk.ru

Наименование организации: ООО «ЭТК», тел.: 8904-736-36-53

Дата составления отзыва: 26.03.2026

С отзывом ознакомлен 30.03.2026

5



А.А. Горячкин