

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Рязанцева
Валентина Александровича

«Метод совершенствования управления антиблокировочной системой автомобиля при индивидуальном регулировании тормозных механизмов»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.05.03 – «Колёсные и гусеничные машины»

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения, списка используемой литературы (116 наименований) и двух приложений. Полный объем диссертации составляет 164 страницы, включая 87 рисунков и 11 таблиц.

1. Актуальность темы диссертации

Антиблокировочная система (АБС) является эффективным решением для обеспечения устойчивости транспортного средства при экстренном торможении, что повышает *безопасность дорожного движения*.

Наличие многолетнего опыта в исследовании, разработке и эксплуатации колесных машин с АБС не отменяют того, что алгоритмы управления АБС являются коммерческой тайной компаний разработчиков и *не раскрыты полностью*.

Так как АБС относится к классу адаптивных и самонастраивающихся систем то *поиск и использование дополнительной информации при функционировании АБС является актуальным.*

В представленной работе Рязанцева В.А. показывается *наличие неучтенных факторов и возможностей при разработке алгоритмов функционирования АБС*, что дает дополнительные возможности для совершенствования системы.

Для реализации поставленной цели автором работы сформулированы основные задачи, решение которых отражено в основных результатах и выводах по работе.

2. Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту

Научной новизной обладают следующие положения:

– Разработан метод расчёта управления контура АБС с индивидуальным управлением, который сформулирован с учетом взаимного влияния колес каждой оси через перераспределение вертикальных реакций,

взаимодействия колеса с опорной поверхностью и является решением задачи в математической постановке оптимального управления.

– Предложена математическая модель двухосного автомобиля с гидрообъемным тормозным приводом и исполнительными механизмами АБС, где используется функциональная зависимость прокачиваемого объема тормозной жидкости от давления в тормозных механизмах для формирования рабочих процессов гидравлического насоса АБС. Проведены дорожные эксперименты, подтверждающие точность разработанной математической модели.

– Выполнено исследование поиска скользящего режима управления, как решение общей задачи динамики, где измеряемыми параметрами объекта управления являются угловые скорости колес и давление в контурах тормозного привода.

– Предложен метод синтеза системы управления тормозными силами колесных машин, отличающийся от известных методов, которые используют модель одиночного колеса, тем, что учтено взаимное влияние колес каждой оси через перераспределение вертикальных реакций и взаимодействие колеса с опорной поверхностью при индивидуальном антиблокировочном регулировании в виде алгоритма с поверочными реверсами.

3. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

В рамках проведённых исследований полученных результатов достоверность обеспечивается строгим математическим обоснованием разработанных методов моделирования, использованием аккредитованного испытательного оборудования при проведении экспериментов, сравнением расчетных характеристик с данными экспериментов и достигнутой степенью сходимости при экспериментальном и расчетном исследовании.

4. Опубликованность результатов диссертации в научной печати

Основные научные результаты опубликованы в девяти работах, четыре из которых изданы в действующих изданиях, входящих в «Перечень рецензируемых научных журналов», рекомендованных ВАК РФ.

5. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Содержание диссертации соответствует отрасли «Технические науки».

Область исследования соответствует специальности 05.05.03 – «Колёсные и гусеничные машины».

Диссертация отличается логичностью построения и хорошим стилем изложения, написана техническим языком, аккуратно оформлена, достаточно иллюстрирована и по этим признакам отвечает предъявляемым требованиям.

Автореферат диссертации соответствует содержанию работы.

Общая характеристика работы и заключение, приводимые в автореферате, отражают соответствующие разделы диссертации.

6. Оценка содержания диссертации

В введении обоснована актуальность работы, сформулирована цель исследования, приведены задачи которые нужно решить, для достижения поставленной цели.

Отражена научная новизна, практическая значимость и представлены положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен обзор систем активной безопасности предназначенных для предотвращения блокирования колёс во время торможения. Описаны основные *принципы построения* данных систем. Приведён обзор базовых и модифицированных *принципов регулирования АБС*, с приведением принципиальных схем. Описана *типовая математическая модель* применяемая для исследования тормозной динамики колёсной машины. На основании проведённого обзора сформированы *цель и задачи исследования*.

Во второй главе рассмотрено влияние изменения вертикальной реакции на циклы управления АБС. Проведено исследование и решение задачи экстренного торможения двухосного автомобиля с учётом взаимного влияния колёс *каждой оси* через *перераспределение вертикальных реакций и взаимодействие колеса с опорной поверхностью*. Для решения задачи использован метод принципа максимума Понтрягина, дающий решения без линеаризации исходной модели объекта «автомобиль-колесо-дорога».

Представлена возможность реализации нескольких стратегий управления, которые позволяют получить максимальную эффективность торможения.

В третьей главе представлена *типовая модель гидрообъёмного привода* с исполнительными механизмами АБС, в которой используется эмпирическая функция, описывающая зависимость прокачиваемого объёма рабочего тела от изменения давления в исполнительных механизмах. Данная модель используется как часть алгоритма АБС для контроля изменения давления рабочего тела.

Представлены результаты верификации предлагаемой гидравлической модели, показавшие ошибку предлагаемой модели по сравнению с полученным давлением в процессе работы АБС менее 5% (в исполнительных механизмах).

В четвертой главе приведено описание *разработанного алгоритма «связанного управления»* колёсами двухосного автомобиля, основанного на учёте взаимного влияния колёс *каждой оси* через *перераспределение вертикальных реакций и взаимодействие колеса с опорной поверхностью*.

Приведена структурная схема реализации *предлагаемого алгоритма* как часть алгоритма функционирования АБС.

Описаны математические выкладки получения вектора управления, который ориентируется на рабочее давление при индивидуальном регулировании.

Приведены блок-схемы предлагаемого алгоритма «связанного управления».

В *пятой главе* представлены результаты математического и физического эксперимента.

Объектом исследования являлся один из прототипов проектов ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», оснащённый гидравлическим тормозным приводом с антиблокировочной системой.

Приведено описание разработанного расчёто-имитационного комплекса и результаты эксперимента. Точность математической модели показала результат выше 85%, что является достаточным для проведения математических экспериментов при проектировании антиблокировочных систем и моделирования продольной динамики транспортного средства.

Представлен обзор используемых технических средств для экспериментального исследования АБС. Представлены результаты сравнительных исследований базового принципа регулирования АБС с индивидуальным управлением и результаты с применением блока «связанного управления» совместно с базовым алгоритмом управления АБС в соответствии с требованиями Правил 13Н ЕЭК ООН на трёх типах опорной поверхности.

7. Замечания по диссертации

Положительно оценивая рассматриваемую работу в целом, необходимо отметить ряд недостатков и замечаний:

1. По тексту работы видно, что автором решается задача применительно к режиму экстренного торможения при прямолинейном движении. Остаётся неясным – как система определит (какие есть связи), что режим торможения *экстренный* и когда необходимо включать в работу разработанный алгоритм?

2. В работе очень часто используется термин «*оптимальный*», «*оптимизация*», но не всегда приведены критерии, по которым это «*оптимизируется*».

3. На стр. 18 диссертации (рисунок 1.2) в иерархической структуре объекта управления есть «*модель подвески*». Далее по тексту в разделе 2.1 автором приводится: (стр. 50) «...Тогда k_j в формуле (2.5) описывает конструктивные (геометрические) параметры автомобиля, влияющие на перераспределение вертикальных реакций...», и (стр. 51) «...Тогда k_t описывает как конструктивные (геометрические) параметры автомобиля, влияющие на перераспределение вертикальных реакций, так и параметры тормозной системы как внешнего возмущения....», остаётся не ясным,

учитывает ли автор влияние конструктивных параметров подвески? Как и в разделе 4.4 при формировании управляющей величины.

4. На стр. 78-79 автором приводятся допущения – «... силы инерции и силы трения колёсных цилиндов и клапанов малы по сравнению с действующими на них силами давления, вследствие чего не учитываются массы этих элементов, а силами трения пренебрегают; ...»

Однако, как показали проведённые исследования, это допущение применимо для систем работающих на небольших частотах. Современные системы активной безопасности работающие на высоких частотах очень сильно зависят от инерционности исполнительных механизмов (на определённой полосе частот из-за трения и инерционности клапана он может вообще не открыться). Как и другие допущения имеют границы применимости для быстродействующих систем.

5. На стр. 83-84 автор приводит – «... В это время, датчиком давления производится замер давления на входе в тормозной скобе. Оба показателя (объем и давление) заносятся в память измерительного устройства и формируется характеристика давления от прокачиваемого объёма. На рис. 3.7 представлены замеренные характеристики давления от объёма рабочего тела для тормозных скоб передней и задней оси....».

- а) не ясна размерность и привязка к чему либо значения «...в это время...»?
- б) анализ литературных источников и сети интернет не позволил найти ответ на вопрос – где находится «...на входе в тормозной скобе...» и как там возможно «...замерить давление...»?
- в) анализ литературных источников и сети интернет не позволил найти ответ на вопрос – как можно снять «...замеренные характеристики давления от объёма рабочего тела для тормозных скоб передней и задней оси....»?
- г) как и на стр. 86 приведено «...полость тормозных скоб...» не совсем понятно что это представляет собой и как там возникает давление?

6. По всей работе встречается вперемешку термины – «полость тормозных скоб», «тормозной механизм» «исполнительный механизм» (в том числе когда речь идет о колесе) остаётся не ясным, как автором разграничиваются данные механизмы?

7. В 4 и 5 главе приводится большое количество зависимостей и данных полученных экспериментально, однако зачастую отсутствует описание условий.

8. На стр. 118 автором приводится – «...Как видно из графиков, применение описанного выше подхода позволяет «развести» фазы управления между колёсами, что обеспечивает более рациональное использование сцепного веса на каждом колесе во время антиблокировочного регулирования....», остаётся не ясным, как это «разведение фаз» повлияет на колебания органов управления и других элементов автомобиля?

9. Вызывает недоумение, почему не зарегистрированы авторские права на созданные оригинальные программные модели для ЭВМ.

Высказанные замечания носят частный характер и не снижают значимости полученных автором результатов, а также общего положительного впечатления о работе. Предложенные рекомендации могут быть учтены автором в дальнейших научных исследованиях.

8. Заключение.

В целом рассматриваемая диссертация является квалификационной научно-исследовательской работой, выполненной лично автором, в которой решена актуальная научная задача по совершенствованию управления антиблокировочной системой автомобиля при индивидуальном регулировании тормозных механизмов, имеющая важное прикладное значение. Достоверность выводов базируется на теоретических разработках, данных моделирования и результатах экспериментов.

На основании изложенного представленная к защите диссертационная работа представляет собой исследовательскую научно-квалификационную работу, соответствующую Положению ВАК РФ о присуждении учёных степеней, утверждённому Правительством РФ от 24.09.2013, № 843, требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор Рязанцев Валентин Александрович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – «Колёсные и гусеничные машины».

доктор технических наук, доцент,
ФГБОУ ВО «Волгоградский
государственный технический
университет», кафедра «Технической
эксплуатации и ремонта
автомобилей»,
профессор

Дыгало Владислав
Геннадиевич



Рязанев В. Г.
Рязанев В. Г.
(подпись)