

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Ижевский государственный  
технический университет  
имени М.Т. Калашникова»  
(ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»)**

Студенческая ул., д. 7, г. Ижевск, УР, 426069  
тел. (3412) 77-20-22, 58-88-52,  
77-60-55 (многоканальный)  
факс: (3412) 50-40-55  
e-mail: [info@istu.ru](mailto:info@istu.ru) <http://www.istu.ru>  
ОКПО 02069668 ОГРН 1021801145794  
ИНН/КПП 1831032740/183101001

№ \_\_\_\_\_  
На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Ученому секретарю диссертационного совета Д 212.298.09  
Абызову А.А.

454080, г. Челябинск, пр. Ленина,  
76, ауд. 1001

**ОТЗЫВ**

официального оппонента на диссертационную работу **Алюкова Александра Сергеевича «Снижение динамической нагруженности транспортного средства за счет использования регулируемой подвески»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины

Конкурентоспособность проектируемых машин различного назначения достигается улучшением их потребительских свойств. Показатели плавности хода колесной машины существенно влияют на ее потребительские свойства, характеризуя виброзащитные свойства водителя, пассажиров, перевозимых грузов и агрегатов самой транспортной машины. Перспективным направлением повышения плавности хода является переход от достаточно хорошо исследованных пассивных систем к адаптивным системам поддрессоривания, позволяющим изменять упругодемпфирующие свойства систем поддрессоривания колесных машин в зависимости от дорожных условий, скорости движения и загрузки машины. Поэтому, **диссертационная работа** Алюкова А.С., направленная на дальнейшее развитие теории адаптивных систем поддрессоривания легковых автомобилей путем совершенствования оценки вибронгруженности за счет уточнения описания рабочих характеристик адаптивной подвески, **является, безусловно, актуальной.**

**Ключевыми проблемами работы являются:** обзор и анализ современного состояния проблем исследования; разработка математической модели упругого элемента подвески; проведение сравнительного анализа методов аппроксимации рабочих характеристик упругого элемента; разработка математической модели адаптивного амортизатора в классе функций; разработка математической модели двухосного автомобиля с адаптивной подвеской; разработка методики расчета параметров адаптивной подвески для оценки и снижения вибронгруженности; создание алгоритмов и компьютерных программ численного интегрирования математических моделей движения автомобиля; проведение комплекса расчетных исследований; разработка опытного образца и проведение экспериментальных исследований; разработка научно-обоснованных рекомендаций по дальнейшему развитию теории адаптивных систем поддрессоривания легковых автомобилей путем совершенствова-

ния оценки вибронгруженности.

**Научная новизна** полученных результатов заключается в следующем:

- усовершенствована математическая модель движения двухосного автомобиля, которая учитывает предложенные и обоснованные разработанные математические модели изменения характеристик упругих и демпфирующих элементов подвески;

- разработан алгоритм обоснования системы управления демпфирующим элементом подвески легкового автомобиля, который реализован в виде комплекса программных средств на ПЭВМ, позволяющего оптимизировать конструкцию по критерию динамической нагруженности автомобиля;

- разработаны научно-обоснованные рекомендации по оценке вибронгруженности подвески, позволяющие совершенствовать системы подрессоривания легковых автомобилей на стадии проектирования с целью повышения их плавности хода.

**Обоснованность правильности решения и достоверность** результатов исследований подтверждаются: корректностью применения теории движения транспортной машины, методов математического моделирования, теории дифференциальных уравнений и численных методов вычислительной математики, современного программного обеспечения ПЭВМ; согласованностью полученных результатов расчетных исследований с экспериментальными данными лабораторно-дорожных испытаний подвесок; практической апробацией основных положений диссертационного исследования.

**Значимость для науки и практики** результатов диссертационного исследования заключается в создании методики оценки вибронгруженности подвески автомобиля с учетом предложенных математических моделей изменения характеристик упругих и демпфирующих элементов подвески и реализации ее в виде комплекса программных средств. Разработанное математическое, методическое и программное обеспечение может быть использована в научно-исследовательских, конструкторских и других организациях, занимающихся созданием адаптивных подвесок для транспортных машин.

Следует отметить большой объем публикаций результатов исследований, что является хорошим фактором. Теоретические положения и практические рекомендации, изложенные в диссертации, могут быть использованы в учебном процессе при подготовке студентов ВУЗов по направления «Наземные транспортно-технологические комплексы».

#### **Общее содержание диссертационной работы.**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, основных результатов работы, заключения по работе, списка использованной литературы (149 наименований), 3 приложений. Общее количество страниц в диссертационной работе 151.

**Во введении** дано обоснование актуальности темы диссертационного исследования, сформулированы цель работы и основные задачи, решение которых позволит достичь эту цель, а также дана краткая информация об объекте и предмете исследования, методах и информационно-эмпирической базе исследования, указана область и научная новизна исследования, указана достоверность и практическая ценность работы, а также перечислены результаты исследования, выносимые на защиту, информация об апробации работы и публикациях, т.е. представлена информация 3-6 страниц автореферата.

**Первая глава** содержит информацию о подвесках транспортных средств и функциях элементов подвесок; представлены результаты обзора существующих конструкций упругих элементов и демпфирующих элементов (амортизаторов) подвесок; проведен сравнительный обзор пассивных и адаптивных амортизаторов, а также систем управления ими; проведен критический анализ существующих физических

и математических моделей транспортных средств, применяемых при исследовании показателей вибронегруженности. По результатам работ первой главы сделаны выводы, что рабочая характеристика адаптивного пассивного амортизатора может изменяться во время движения в ограниченном диапазоне; значительно увеличить комфортабельность транспортного средства, повысить его устойчивость и управляемость позволяют адаптивные амортизаторы; потенциальные возможности адаптивных амортизаторов не реализованы в полном объеме, т.к. ограничены диапазоны регулирования рабочих характеристик и имеются ограничения в точности оценки вибронегруженности, которые базируются на использовании упрощенных линейных математических моделей движения транспортного средства.

**Во второй главе** проведен сравнительный анализ методов аппроксимации нелинейной рабочей характеристики упругого элемента подвески автомобиля; рассмотрены методы аппроксимации нелинейной рабочей характеристики упругого и демпфирующего элементов; предложены новые функции аппроксимации нелинейной рабочей характеристики упругого и демпфирующего элементов; усовершенствована расчетная схема и математическая модель движения двухосной колесной машины с учетом предложенных зависимостей упругих и демпфирующих элементов; представлены результаты исследований, направленных на совершенствование трибологических параметров поршня амортизатора для уменьшения его внутреннего трения.

**В третьей главе** представлены результаты проведенных ходовых испытаний автомобиля LADA-Kalina для проверки адекватности разработанных математических моделей; определены рабочие характеристики упругих элементов и адаптивных амортизаторов; представлены результаты стендовых испытаний исследуемой адаптивной подвески. По результатам исследований сделаны выводы, что имеется хорошее соответствие экспериментальных и теоретических данных (различаются не более чем на 12%); разработанный лабораторный образец конструкции позволил в 1,6 раз уменьшить максимальную амплитуду вертикальных перемещений подрессоренной массы и в 1,5 раза уменьшить динамические нагрузки на нее; за счет регулирования рабочих характеристик системы подрессоривания отрыв колеса удалось устранить, что значительно повысит безопасность движения, устойчивость и управляемость автомобиля.

**В четвертой главе** проведена постановка задачи снижения вибрационной нагруженности автомобиля; представлена методика оценки вибронегруженности транспортного средства на основе разработанной в Matlab/Simulink программы и пример расчета вибрационной нагруженности автомобиля.

**В Приложениях** (три приложения) представлен листинг программы, разработанной в среде Matlab; общий вид имитационного моделирования в среде Simulink; акты об использовании результатов исследований.

#### **Общие замечания по диссертационной работе:**

1. Цель диссертации сформулирована расплывчато. Цель работы находится в ответе на вопрос – для чего снижать динамическую нагруженность?
2. В работе ведутся исследования двухосных легковых автомобилей, а не транспортных средств в целом.
3. Представлено малое количество расчетных исследований по математическим моделям движения легкового автомобиля, и отсутствуют расчетные исследования по влиянию конструктивных параметров и характеристик подвески на показатели плавности хода автомобиля. Непонятно, как определялись конструктивные параметры исследуемого автомобиля, входящие в систему дифференциальных уравнений.
4. Отсутствует экспериментальное исследование по обоснованию функцио-

нального вида рабочей характеристики подвески.

5. Задача снижения вибрационной нагруженности автомобиля поставлена, но нет четкого обоснования множества частных критериев оценки вибрационной нагруженности автомобиля.

6. Автор утверждает о повышении устойчивости, управляемости, безопасности движения, но это не доказывает, т.к. не рассматривает показатели этих эксплуатационных свойств (доказательство опосредованное).

7. Имеются опечатки, неточности в изложении исследований, чрезмерное описание известных теоретических положений, повышенное использование сканированных материалов, распространение результатов исследований на машины, которые не изучались.

Отмеченные недостатки снижают качество исследований, но они не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации.

### Заключение.

Диссертация является законченной научно-исследовательской квалификационной работой, выполненной самостоятельно на высоком научном уровне. В диссертации **изложены научно обоснованные технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие экономики страны**, позволяющие повышать плавность движения новых моделей легковых автомобилей путем применения регулируемых подвесок, разработанных с помощью усовершенствованной методики оценки вибронгруженности автомобиля.

Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Работа базируется на достаточном числе исходных данных, примеров и расчетов.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

В соответствии с вышеизложенным считаю, что диссертационная работа «Снижение динамической нагруженности транспортного средства за счет использования регулируемой подвески» отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям ВАК России, а ее автор, Алюков Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины.

Доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры «Автомобили и  
металлообрабатывающее оборудование»  
ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический  
университет имени М.Т. Калашникова»  
Филькин Николай Михайлович;  
почтовый адрес: 426068, г. Ижевск,  
ул. Автозаводская, д. 13, кв. 369;  
тел. 8-912-448-17-01;  
e-mail: [fnm@istu.ru](mailto:fnm@istu.ru)  
Докторская диссертация  
по специальности 05.05.03

Подпись Н.М. Филькина удостоверяю  
Ученый секретарь  
ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»  
доктор технических наук, профессор



  
И.М. Филькин/

04.12.2022

  
И.С. Сивцев/