

ОТЗЫВ

официального оппонента – доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой строительной техники и инженерной механики им. профессора Н.А. Ульянова федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный технический университет» Жулая Владимира Алексеевича на диссертационную работу Болотова Дмитрия Борисовича на тему: «Совершенствование упруго-демпфирующей системы подвески сиденья оператора сельскохозяйственного колесного трактора», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

1. Актуальность темы диссертационной работы

В настоящее время большинство агрегатов, работающих в сельскохозяйственной отрасли, рассчитаны функционировать на повышенных скоростях движения. В связи с этим к современным мобильным энергетическим средствам предъявляются требования, обеспечивающие поддержания необходимой скорости перемещения. Однако с повышением скорости возрастает уровень вибронагруженности, который оказывает вредное воздействие как на узлы и агрегаты машины, так и, что более важно, на здоровье оператора. В связи с этим необходимо вести исследования, направленные на использование демпфирующих устройств, способных эффективно гасить возникающую вибрацию в процессе работы машинно-тракторного агрегата. В работе предлагается и исследуется конструкция системы подрессоривания сиденья, способная снизить уровень вибрации на сиденье оператора трактора.

Работа выполнена в рамках НИР агроинженерного факультета ФГБОУ ВО Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I: «Инновационные направления совершенствования мобильных энергетических средств», утвержденной ученым советом университета (номер государственной регистрации 01.200.1-003986).

На основании вышеизложенного, диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук Болотова Дмитрия Борисовича на тему: «Совершенствование упруго-демпфирующей системы подвески сиденья оператора сельскохозяйственного колесного трактора», является актуальной.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных соискателем, обеспечиваются

современными методами научного исследования и подтверждаются результатами теоретических и экспериментальных исследований.

Для формирования цели и задач исследования, автором изучены и проанализированы известные ранее работы, в которых исследуется снижение уровня вибронагруженности за счет использования различных уровней демпфирования. Наибольший упор сделан на анализ конструкций системы подвески сиденья таких авторов как: Г.О. Котиев, Ю.Ф. Устинов, В.В. Шеховцов, М.В. Ляшенко, О.И. Поливаев, З.А. Годжаев, А.И. Искалиев, и др.. Данный обзор представлен соискателем в первом разделе работы.

Теоретическое исследование работы системы поддрессирования сиденья оператора, на разработанных имитационных моделях серийной и предложенной конструкций системы подвески представлены во втором разделе.

Третий раздел работы посвящен описанию программы и методики натурных и численных экспериментов, по определению реального уровня вибронагруженности на сиденье оператора трактора

В четвёртом разделе представлены результаты проведенных исследований, которые подтверждают достоверность выводов и рекомендаций теоретического исследования.

Выполненный расчёт экономической эффективности, представленный в 5 разделе работы, показал, что внедрение предложенной конструкции подвески сиденья позволяет получить положительный экономический эффект, при расчете на один трактор Беларус 1221.2 с прицепом 2ПТС-6, выполняющим внутрихозяйственные транспортные работы.

Для решения поставленных задач, автором разработана и запатентована (патент на полезную модель РФ № 233623) конструкция подвески сиденья транспортного средства с активным демпфированием. Также соискателем на разработанные имитационные модели получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ (№ 2024619829, № 2024681543).

Основные положения диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук были представлены и обсуждены на ежегодных научных конференциях профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, а также на международных, всероссийских и национальных научных конференциях.

Результаты диссертационного исследования подведены семью выводами.

Первый вывод соответствует первой задаче исследования, достоверен и опирается на данные второго и четвертого разделов работы. Результаты испытаний на разработанных моделях вертикальных колебаний подвески сиденья оператора сельскохозяйственного колесного трактора показали, что серийная конструкция не соответствует требованиям, предъявляемым к рабочему месту оператора по величине транспортной вибрации. Предложенная конструкция подвески сиденья на всем диапазоне рабочих

скоростей не только демонстрирует меньший уровень виброускорений, но и не выходит за пределы, установленные СанПиН.

Второй вывод соответствует второй задаче исследования. Предложена конструкция подвески сиденья оператора с активным демпфером, на которую автором работы получен патент на полезную модель. Данная конструкция, по результатам проведенных исследований, показала свою эффективность, что отражено во втором и четвертом разделах работы.

Третий вывод, соответствует третьей задаче исследования, отражен во второй и третьей главах работы. За счет использования предложенной зависимости кинематической вязкости магнитореологической жидкости от скорости перемещения сиденья относительно пола кабины (для работы алгоритма подвески сиденья), в результате расчета математической модели, был получен положительный эффект работы системы поддрессирования сиденья, как при переезде единичной неровности, так и при движении по грунтовой дороге.

Четвертый вывод достоверен, соответствует четвертой задаче диссертационной работы и отражает полученные закономерности изменения вертикальных ускорений на рабочем месте оператора. При этом указан диапазон максимальной эффективности, полученный при использовании предложенной конструкции системы поддрессирования сиденья.

Пятый вывод посвящен экономической оценке от внедрения предложенной конструкции подвески сиденья. Вывод достоверен, так как подтвержден соответствующим экономическим расчетом.

Шестой вывод констатирует наличие внедрения результатов исследований в производство и учебный процесс. Вывод достоверен, так как подтвержден соответствующими актами, представленными в приложениях к диссертационной работе.

Седьмой вывод посвящен перспективам дальнейшей разработки темы.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в:

- имитационных моделях вертикальных колебаний подвески сиденья оператора сельскохозяйственного колесного трактора, отличающихся комплексным учетом кинематических и динамических параметров механических элементов, а также гидравлических характеристик демпфера подвески;

- техническом решении подвески сиденья оператора сельскохозяйственного колесного трактора с активным демпфированием, отличающемся тем, что используется магнитореологическая жидкость с управляемой вязкостью для изменения демпфирующих свойств подвески;

- зависимости кинематической вязкости магнитореологической жидкости от скорости перемещения сиденья относительно пола кабины;

- закономерностях изменения уровней вертикальных ускорений в октавных полосах частот подвески сиденья оператора сельскохозяйственного колесного трактора, отличающихся учетом изменения вязкости

магнитореологической жидкости в активном демпфере в зависимости от режима работы ТТА.

Изложенные соискателем научные и практические рекомендации, положения и выводы являются новыми и полностью вытекают из содержания диссертационной работы, они аргументированы и подтверждаются большим объемом теоретических и экспериментальных данных полученных на основе использования современных методов исследования.

3. Научная и практическая ценность диссертационной работы

Теоретическая значимость работы заключается: в разработке имитационных моделей подвески сиденья оператора сельскохозяйственного колесного трактора, позволяющих выявлять недостатки подвески и находить новые решения для ее совершенствования, а также установить закономерности изменения уровней вертикальных ускорений в октавных полосах частот при работе трактора в составе ТТА; в получении зависимости кинематической вязкости магнитореологической жидкости от скорости перемещения сиденья относительно пола кабины, позволяющей разработать алгоритм управления активным демпфером подвески.

Практическую значимость работы составляют техническое решение подвески сиденья оператора сельскохозяйственного колесного трактора (патент № 233623 РФ), основанное на применении изменения вязкости магнитореологической жидкости в зависимости от режима работы, обеспечивающее снижение уровня вибронегруженности оператора и повышение рабочих скоростей ТТА; компьютерные программы, моделирующие режимы работы подвески и позволяющие установить рациональные параметры подвески (свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024619829 РФ и № 2024681543 РФ).

4. Оценка содержания диссертационной работы

Диссертационная работа представлена в рукописи, состоит из введения, 5 разделов, заключения, списка литературы и приложений, изложена на 164 страницах машинописного текста, содержит 65 рисунков, 6 таблиц и 2 приложения. Список литературы включает 181 источник.

Таким образом, рецензируемая диссертационная работа по своему составу, объему и оформлению, соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Введение содержит: актуальность темы, степень ее разработанности, объект и предмет исследования, цель и задачи исследований, научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы, методологию и методы исследований, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробацию результатов, личный вклад соискателя, количество публикаций соискателя по теме диссертации, структуру и объем диссертационной работы.

В первом разделе «Обзор результатов исследований по снижению вибрационной нагрузки на оператора мобильного энергетического средства» описан теоретический анализ различных уровней демпфирования колебаний. Особое внимание уделено гашению колебаний за счет использования пневматических шин, системы поддрессоривания остова транспортного средства, подвеске кабины и конструкциям механизма подвески сиденья. Также, в данном разделе исследованы различные типы демпфирующих механизмов: пассивный, активный, полуактивный. По результатам проведенного анализа были выявлены основные преимущества и недостатки известных решений. На основании чего подведен итог об актуальности темы и необходимости дальнейших исследований, направленных на повышение эффективности работы системы поддрессоривания сиденья.

Во втором разделе «Теоретическое исследование работы подвески сиденья оператора тракторно-транспортного агрегата» приведено описание разработанных математических моделей для серийной и предложенной конструкций механизма подвески сиденья. В данном разделе описаны формулы, на которых основывалась разработка имитационных моделей. Также во втором разделе работы представлены некоторые результаты моделирования работы конструкции механизма подвески. Содержание главы достоверно и логически завершено.

В третьем разделе «Программа и методика экспериментальных исследований» приведена методика проведения как натурных экспериментов, так и численных. В результате натурных дорожных испытаний был определен уровень вибрации некоторых точек рамы трактора и проведена проверка адекватности разработанной модели. Методика численного эксперимента включала в себя: методику определения параметров суррогатной модели, и также методику численного эксперимента по перемещению агрегата по участку пути. Методологическое обеспечение для решения поставленных задач исследований достаточное.

В четвертом разделе «Результаты проведенных исследований» приведены результаты, достигнутые в ходе проведенных теоретических и натурных исследований. Результат проведенного анализа полученных данных демонстрирует полученную эффективность от использования предложенной конструкции подвески сиденья на тракторе при выполнении транспортных работ. Результаты испытаний показали, что серийная конструкция подвески сиденья, при скорости движения трактора свыше 18,6 км/ч не соответствует требованиям, изложенным в нормативных документах. Предложенная конструкция подвески сиденья оператора трактора, не только снижает уровень вибрации на сиденье, но и на всем диапазоне рабочих скоростей не выходит за пределы, установленные СанПиН. Полученные автором данные носят достоверный характер. Расхождение опытных и теоретических данных не превышает 4%.

В пятом разделе «Определение эксплуатационных издержек на модернизацию серийной подвески сиденья оператора тракторно-

транспортного агрегата» определена экономическая целесообразность применения предложенной конструкции механизма подвески сиденья в сравнении с серийно устанавливаемой на трактор Беларусь 1221.2, агрегируемый с прицепом 2ПТС-6, при выполнении транспортных работ. Полученный экономический эффект составляет 151 016 рублей. Срок окупаемости инвестиций составляет 0,72 года.

Заключение полностью отражает результаты диссертационной работы.

5. Подтверждение публикации результатов диссертационной работы и соответствие автореферата содержанию диссертации

По теме диссертации опубликовано 23 научные работы, в том числе три статьи в рецензируемых научных изданиях, в которых должны быть опубликованы материалы диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, пять патентов на полезные модели, один патент на изобретение и два свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Обзор и анализ опубликованных материалов позволяет утверждать, что публикации в научной печати достаточно широко отражают содержание и основные результаты диссертации.

Текст диссертации изложен достаточно хорошо, материалы научных исследований сопровождаются рисунками, построенными с использованием современных программных комплексов. Оформление диссертационной работы соответствует требованиям нормативно-технической документации.

Автореферат, по своему содержанию соответствует диссертационной работе и отражает научные результаты, обозначенные в ней.

6. Замечания по работе

1) В работе подробно не описаны свойства и состав используемой магнитореологической жидкости.

2) В работе следовало бы более детально исследовать эффективность использования предлагаемой конструкции на других типах грунтов, так же характерных для сельскохозяйственных предприятий.

3) По тексту работы не уточнено, как влияет изменение температуры окружающей среды и воздействие собственного разогрева при работе демпфера на рабочие свойства магнитореологической жидкости.

4) Предложенная активная система критически зависит от исправной работы акселерометров, датчиков перемещения и электронного блока. Не приведен анализ отказоустойчивости системы и последствий выхода из строя ее ключевых компонентов

5) На каком основании в качестве объекта исследований использовался трактор Беларусь 1221.2?

6) Название 5 раздела «Определение эксплуатационных издержек на модернизацию серийной подвески сиденья оператора тракторно-транспортного агрегата» неверно отражает его содержание, так как в нём

содержится не только определение издержек, но и расчёт параметров экономической целесообразности внедрения конструкции.

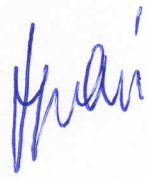
7. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук Болотова Дмитрия Борисовича на тему: «Совершенствование упруго-демпфирующей системы подвески сиденья оператора сельскохозяйственного колесного трактора» является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические решения по совершенствованию системы поддрессоривания сиденья оператора трактора, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие сельского хозяйства России.

Диссертация отвечает требованиям пунктов 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор Болотов Дмитрий Борисович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.

Официальный оппонент:

заведующий кафедрой
строительной техники и
инженерной механики им.
профессора Н.А. Ульянова ФГБОУ
ВО «Воронежский государственный
технический университет», доктор
технических наук, профессор



Жулай

27.11.2025 Владимир Алексеевич

Подпись, ученую степень, ученое звание и должность Жулая Владимира Алексеевича удостоверяю:

Проректор по науке и инновациям  Башкиров А.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ВГТУ»). Почтовый адрес: 394006, Воронежская область, город Воронеж, улица 20-летия Октября, дом 84. Тел: +7(473) 271-59-05; +7(473)207-22-20. E-mail: rector@cchgeu.ru