

УТВЕРЖДАЮ

Врио ректора федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Воронежский

государственный аграрный университет имени
императора Петра I»

Воронина А.А.

2025 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Воронежский государственный
аграрный университет имени императора Петра I»**

Диссертация на тему «Совершенствование упруго-демпфирующей системы подвески сиденья оператора сельскохозяйственного колесного трактора» выполнена на кафедре сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей агроинженерного факультета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I» (ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ) Министерства сельского хозяйства Российской Федерации.

В период подготовки диссертации соискатель Болотов Дмитрий Борисович обучался в очной аспирантуре на кафедре сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей агроинженерного факультета ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ.

Соискатель Болотов Дмитрий Борисович в 2022 г. окончил ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ по направлению «Агроинженерия» с присуждением квалификации магистр. В период с 2022 г. по 2025 г. обучался в очной аспирантуре в ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. В настоящее время работает в ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ ассистентом кафедры сельскохозяйственных машин,

тракторов и автомобилей.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Поливаев Олег Иванович, работает в должности профессора кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ.

По результатам рассмотрения диссертации на тему: «Совершенствование упруго-демпфирующей системы подвески сиденья оператора сельскохозяйственного колесного трактора», выполненной на кафедре сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, принято следующее заключение.

Заключение

Актуальность темы

В настоящее время в сельскохозяйственной отрасли продолжается активное наращивание объемов производства продукции. Одним из факторов способствующим данной тенденции является улучшение энерговооруженности мобильных энергетических средств (МЭС). Энерговооруженность заключается в улучшении агротехнических, технологических, общетехнических и других эксплуатационных показателей машинно-тракторных (МТА) и тракторно-транспортных агрегатов (ТТА). При этом известно, что повышение мощности трактора, а также увеличение рабочих скоростей движения МТА и ТТА приводит к возрастанию вибрационной нагруженности. Данное явление возникает вследствие преодоления мобильным энергосредством неровностей дорожного профиля, вызывая вибрацию, которая передается через систему поддрессоривания на оператора. Очевидно, что повышение уровня вибронагруженности на сиденье оператора значительно возрастает при увеличении скорости движения.

Анализ литературных источников позволил установить, что доля транспортных работ выполняемых внутри хозяйства, с использованием тракторно-транспортных агрегатов, составляет 40...50 % от общего объема перевозок. Столь значительные показатели объясняются плохим состоянием дорог внут-

ри хозяйства, особенно в осенне-весенний период, в связи, с чем приходится использовать ТТА на базе колесных тракторов повышенной проходимости и универсальности.

Увеличение вибрационного воздействия, передаваемого от двигателей и колебаний крюковой нагрузки, через систему поддрессоривания транспортного средства, оказывает негативное воздействие на оператора мобильного энергетического средства. Из-за этого повышается утомляемость механизатора, снижается скорость движения агрегата, ухудшается качество выполняемой работы, а также возникают опасные дорожные ситуации. В связи с этим условия труда оператора мобильного энергетического средства оказывают значительное воздействие на производительность тракторно-транспортного агрегата. При этом длительное воздействие повышенного уровня вибрационной нагрузки на механизатора приводит к возникновению профессиональных заболеваний.

В настоящее время наиболее перспективным решением по снижению уровня вибрации на рабочем месте оператора тракторно-транспортного агрегата является использование системы поддрессоривания сиденья. Наиболее распространенные пассивные системы поддрессоривания, в которых характеристики упругих и демпфирующих элементов постоянны, имеют низкую эффективность работы и на сегодняшний день сдерживают рост производительности ТТА. В связи с этим разработка виброзащитной системы оператора, которая может динамически изменять свои характеристики в зависимости от различных режимов работы ТТА, является актуальной проблемой.

Диссертационная работа посвящена разработке и обоснованию технического решения, направленного на снижение уровня вибронагруженности рабочего места оператора колесного трактора сельскохозяйственного назначения за счет использования подвески сиденья с активным демпфированием. Таким образом, тема исследования является актуальной.

Диссертационная работа выполнена в рамках НИР агроинженерного факультета ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ «Инновационные направления

совершенствования мобильных энергетических средств», утвержденной ученым советом университета (номер государственной регистрации 01.200.1-003986).

**Личное участие соискателя в получении результатов,
изложенных в диссертации**

Лично соискателем получены следующие научные результаты, изложенные в диссертации:

- разработано техническое решение подвески сиденья транспортного средства с активным демпфированием;
- разработаны имитационные модели серийной и предложенной конструкций подвески сиденья ТТА;
- предложена закономерность изменения вязкости магнитореологической жидкости в демпфере от скорости перемещения сиденья, используемая в алгоритме управления демпфирующими свойствами предлагаемой конструкции подвески сиденья;
- проведены экспериментальные исследования и проанализированы полученные результаты;
- установлены закономерности изменений уровня вибронагруженности на сидение оператора при движении ТТА в условиях эксплуатации с серийной и предложенной конструкциями подвески сиденья.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Результаты получены с применением современных теоретических подходов, методов математического анализа, имитационного моделирования, апробированных методик выполнения экспериментальных исследований. Их достоверность подтверждается методологической базой исследований, использованием современных средств вычислительной техники, поверенных измерительных приборов, сходимостью результатов теоретических исследований с известными техническими данными, а также результатами внедрения в производство.

Научная новизна результатов проведенных исследований

Научной новизной обладают следующие аспекты:

- имитационные модели вертикальных колебаний подвески сиденья оператора сельскохозяйственного колесного трактора, отличающиеся комплексным учетом кинематических и динамических параметров механических элементов, а также гидравлических характеристик демпфера подвески;
- техническое решение подвески сиденья оператора сельскохозяйственного колесного трактора с активным демпфированием, отличающееся тем, что используется магнитореологическая жидкость с управляемой вязкостью для изменения демпфирующих свойств подвески;
- зависимость кинематической вязкости магнитореологической жидкости от скорости перемещения сиденья относительно пола кабины;
- закономерности изменения уровней вертикальных ускорений в октавных полосах частот подвески сиденья оператора сельскохозяйственного колесного трактора, отличающиеся учетом изменения вязкости магнитореологической жидкости в активном демпфере в зависимости от режима работы ТТА.

Практическая значимость работы

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 вибронагруженности 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).

Ценность научных работ

Значение для науки 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.

**Соответствие диссертации требованиям, установленным
пунктом 14 Положения о присуждении ученых степеней**

В диссертации отсутствуют заимствованные материалы без ссылок на источники заимствования, результаты научных работ, выполненные соискателем в соавторстве, без ссылок на соавторов, а, следовательно, соблюдены требования пункта 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842.

**Научная специальность и отрасль науки, которым соответствует
диссертация**

Диссертационное исследование соответствует пунктам: № 11 «Эргономика, безопасность технологий, технических средств, эксплуатации машин и оборудования, охрана труда в механизированном агропромышленном производстве» и № 15 «Физическое, математическое и компьютерное моделирование механизированных, автоматизированных, роботизированных и биомашинных систем» паспорта специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса, отрасль науки – технические науки.

**Полнота изложения материалов диссертации в работах,
опубликованных соискателем**

Данные, представленные в публикациях, в полной мере отражают из-

ложение материалов диссертации, так как подготовлены по результатам выполненных соискателем исследований в процессе работы над диссертацией.

По теме диссертационной работы опубликованы 23 научные работы, в том числе три статьи – в изданиях, включённых в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций. По результатам диссертационной работы получено пять патентов Российской Федерации на полезную модель, один патент на изобретение и два свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Публикации в рецензируемых научных изданиях

1. Анализ способов снижения уровня вибрационной нагруженности рабочего места оператора тракторно-транспортного агрегата / О.И. Поливаев, А.Н. Кузнецов, А.В. Лощенко, Д.Б. Болотов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 14, № 4(71). – С. 11-20. – DOI 10.53914/issn2071-2243_2021_4_11.

2. Совершенствование систем подвесок сидений операторов сельскохозяйственных тракторов / О.И. Поливаев, Д.Б. Болотов, А.В. Лощенко [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2024. – Т. 17, № 2(81). – С. 60-67. – DOI 10.53914/issn2071-2243_2024_2_60.

3. Эффективность использования активного демпфера в подвеске сиденья тракторно-транспортного агрегата / О.И. Поливаев, Д.Б. Болотов, А.В. Химченко, А.В. Ворохобин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2025. – Т. 18, № 2(85). – С. 83-94. – DOI 10.53914/issn2071-2243_2025_2.

Патенты

4. Патент на полезную модель РФ № 206649 U1, МПК В60N 2/50. Активная подвеска сиденья транспортного средства / О.И. Поливаев, С.Н. Пилляев, А.Н. Кузнецов, А.В. Лощенко, Д.Б. Болотов; патентообладатель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ (RU). – № 2021108357; заявл. 26.03.2021; опубл. 21.09.2021. – Бюл. № 27. – 6 с.

5. Патент на изобретение РФ № 2764210 С1, МПК F16F 9/06, F16F 9/53. Регулируемый магнитореологический пневматический амортизатор / О.И. Поливаев, О.М. Костиков, А.В. Лощенко, Д.Б. Болотов; патентообладатель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ (RU). – № 2021105339; заявл. 01.03.2021; опубл. 14.01.2022. – Бюл. № 2. – 10 с.

6. Патент на полезную модель РФ № 211255 U1, МПК В60N 2/52. Подвеска сиденья транспортного средства / О.И. Поливаев, А.Н. Кузнецов, А.В. Лощенко, Д.Б. Болотов; патентообладатель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ (RU). – № 2022104102; заявл. 15.02.2022; опубл. 26.05.2022. – Бюл. № 15. – 8 с.

7. Патент на полезную модель РФ № 215981 U1, МПК В60N 2/52. Подвеска сиденья транспортного средства с активным демпфированием / О.И. Поливаев, С.Н. Пиляев, А.Н. Кузнецов, А.В. Лощенко, Д.Б. Болотов; патентообладатель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ (RU). – № 2022130786; заявл. 26.11.2022; опубл. 11.01.2023. – Бюл. № 2. – 7 с.

8. Патент на полезную модель РФ № 221611 U1, МПК В60N 2/50, В60N 2/52. Подвеска сиденья транспортного средства с активным демпфированием / О.И. Поливаев, А.В. Химченко, Д.Б. Болотов [и др.]; патентообладатель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ (RU). – № 2023123421; заявл. 09.09.2023; опубл. 14.11.2023. – Бюл. № 32. – 6 с.

9. Патент на полезную модель РФ № 233623 U1, МПК В60N 2/50, В60N 2/52. Подвеска сиденья транспортного средства с активным демпфированием / О.И. Поливаев, А.В. Химченко, Д.Б. Болотов [и др.]; патентообладатель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ (RU). – № 2025101050; заявл. 21.01.2025; опубл. 28.04.2025. – Бюл. № 13. – 6 с.

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ РФ № 2024619829. Имитационная модель для испытания амортизатора подвески сиденья оператора транспортного средства / А.В. Химченко, Д.Б. Болотов, О.И. Поливаев; правообладатель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ (RU). – № 2024619175; заявл. 27.04.2024; опубл. 27.04.2024. – Бюл. № 5. – 1 с.

11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ РФ № 2024681543. Программа для оптимизации упруго-демпфирующих свойств сиденья оператора трактора / А.В. Химченко, Д.Б. Болотов, О.И. Поливаев; правообладатель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ (RU). – № 2024680779; заявл. 11.09.2024; опубл. 11.09.2024.– Бюл. № 9.– 1 с.

Публикации в материалах научных конференций и сборниках научных трудов

12. Влияние вибрационных процессов на физическое состояние оператора машинно-тракторного агрегата / А.С. Корнев, Д.Б. Болотов, В.Ю. Кирмасов [и др.] // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Россия, Воронеж, 24-25 ноября 2020 г.). – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2020. – С. 49-53.

13. Исследование и анализ магнитореологических амортизирующих устройств / О.И. Поливаев, Д.Б. Болотов, А.С. Канищев [и др.] // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы международной научно-практической конференции, (Россия, Воронеж, 24–25 ноября 2020 г.). – Воронеж: Воронежский ГАУ, 2020. – С. 46-49.

14. Анализ устройств демпфирования, используемых в машиностроении / Д.Б. Болотов, А.С. Корнев, В.Ю. Кирмасов [и др.] // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Россия, Воронеж, 25 февраля 2021 г.) – Ч. I. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2021. – С. 60-65.

15. Поливаев О.И. Анализ конструкций подвесок сиденья оператора транс-портного средства / О.И. Поливаев, А.В. Лощенко, Д.Б. Болотов // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Россия, Воронеж, 06-07 июня 2022 г.). Ч. II. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. – С. 347-353.

16. Исследование и анализ подвесок сиденья оператора транспортного

средства / О.И. Поливаев, А.В. Лощенко, Д.Б. Болотов [и др.] // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Россия, Воронеж, 20 февраля 2023 г.). – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2023. – С. 133-141.

17. Эффективность использования подвески сиденья с магнитореологической жидкостью / О.И. Поливаев, Д.Б. Болотов, Л.М. Ситников [и др.] // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы нац. науч.-практ. конф. (Россия, Воронеж, 01-28 марта 2023 г.). Ч. V. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2023. – С. 238-245.

18. Болотов Д.Б. Исследование систем подрессоривания транспортных средств / Д.Б. Болотов, О.И. Поливаев // Наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения для АПК: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Россия, Воронеж, 30 ноября 2023 г.). – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2023. – С. 23-28.

19. Болотов Д.Б. Анализ подвесок сиденья оператора транспортного средства / Д.Б. Болотов, О.И. Поливаев // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Россия, Воронеж, 12 февраля 2024 г.). – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2024. – С. 31-35.

20. Болотов Д.Б. Использование магнитореологической жидкости в различных конструкциях демпфирующих устройств / Д.Б. Болотов, О.И. Поливаев // Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 75-й нац. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов (Россия, Воронеж, 15-31 февраля 2024 г.). – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2024. – С. 77-81.

21. Химченко А.В. Имитационное моделирование работы подвески сиденья оператора мобильного энергетического средства / А.В. Химченко, Д.Б. Болотов, О.И. Поливаев // Проблемы ресурсообеспеченности и перспективы развития агропромышленного комплекса: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Россия, Воронеж, 25 сентября 2024 г.) – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2024. – С. 20-26.

22. Болотов Д.Б. Анализ систем поддрессирования сиденья оператора мобиль-ного энергетического средства / Д.Б. Болотов, О.И. Поливаев // Тенденции развития технических средств и технологий в АПК: материалы междунар. науч.-практ. конф (Россия, Воронеж, 31 января 2025 г.). – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2025. – С. 228-233.

23. Болотов Д.Б. Виды систем поддрессирования сиденья оператора мобильного энергетического средства / Д.Б. Болотов, О.И. Поливаев // Теория и практика инновационных технологий в АПК: материалы нац. науч.- практ. конф. (Россия, Воронеж, 01-31 апреля 2025 г.). – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2025. – С. 51-56.

Лично соискателем выполнено 4,82 п.л.

Личный вклад соискателя заключается в постановке цели и задач исследований [1, 2, 3, 14, 21, 22, 23], в анализе условий труда оператора трактора [12, 15], в анализе известных конструкций подвески сиденья [16, 18, 19], в анализе использования магнитореологической жидкости в демпфирующих устройствах [13, 17, 20], в проведении экспериментальных исследований и анализе полученных результатов [1, 2, 3, 21], разработке математических моделей [3, 10, 11, 21], в разработке и обосновании технических решений [4, 5, 6, 7, 8, 9].

Характеристика соискателя

Болотов Дмитрий Борисович родился 24 сентября 1998 г. в городе Воронеже. В 2022 году окончил ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ по направлению подготовки 35.04.06 «Агроинженерия» с присуждением квалификации – магистр. В период с 2022 г. по 2025 г. обучался в очной аспирантуре в ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. В настоящее время работает в ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ ассистентом кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей.

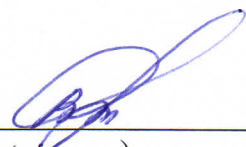
Заключение

Диссертация на тему «Совершенствование упруго-демпфирующей системы подвески сиденья оператора сельскохозяйственного колесного трактора», представленная Болотовым Дмитрием Борисовичем на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842.

Диссертация на тему «Совершенствование упруго-демпфирующей системы подвески сиденья оператора сельскохозяйственного колесного трактора», представленная Болотовым Дмитрием Борисовичем на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса, рекомендуется к представлению в диссертационный совет по заявленной специальности.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры сельскохозяйственных машин, тракторов и автомобилей агроинженерного факультета ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. Присутствовало на заседании 22 человека, в том числе 8 докторов наук. Результаты голосования: «за» – 22, «против» – нет, «воздержались» – нет, протокол от 01.10.2025 г. № 010122-02.

Оробинский Владимир Иванович,
декан агроинженерного факультета,
заведующий кафедрой сельскохозяйственных
машин, тракторов и автомобилей,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор



(подпись)

