

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.380.05,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 27.05.2025 № 12

О присуждении Орлову Денису Сергеевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Метод расчета параметров гидропневматических амортизаторов транспортно-технологических машин» по специальности 2.5.11. Наземные транспортно-технологические средства и комплексы принята к защите 20 марта 2025 г. (протокол заседания № 4) диссертационным советом 24.2.380.05, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 190005 г. Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д. 4, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 14.02.2023 года № 231/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 18.12.2023 года № 2368/нк, приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 17.12.2024 года № 1209/нк.

Соискатель Орлов Денис Сергеевич, «04» февраля 1993 года рождения.

В 2017 году соискатель окончил ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» с присуждением квалификации «Специалист». В 2024 году соискатель

окончил аспирантуру ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по направлению подготовки 15.06.01. Машиностроение по образовательной программе «Наземные транспортно-технологические средства и комплексы (очная форма обучения).

Работает с 2010 года по настоящее время документоведом кафедры наземных транспортно-технологических машин в ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре наземных транспортно-технологических машин в ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

**Научный руководитель** – доктор технических наук Репин Сергей Васильевич, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра наземных транспортно-технологических машин, профессор.

**Официальные оппоненты:**

**Прядкин Владимир Ильич** – доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», кафедра «Автомобили и сервис», заведующий кафедрой;

**Молев Юрий Игоревич** – доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», кафедра «Строительные и дорожные машины», профессор

**дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация** ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном Грачевым Алексеем Андреевичем, (кандидат технических наук, институт машиностроения, материалов и транспорта, директор Высшей школы транспорта), указала, что

диссертационная работа Орлова Дениса Сергеевича «Метод расчета параметров гидропневматических амортизаторов транспортно-технологических машин», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.11. Наземные транспортно-технологические средства и комплексы, является завершённым научным трудом, направленным на решение научной проблемы, имеющей важное народно-хозяйственное и социально-экономическое значение для Российской Федерации. Диссертационная работа отвечает всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, а ее автор, Орлов Денис Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.11. Наземные транспортно-технологические средства и комплексы.

Соискатель имеет 32 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 17 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ.

**Работы, опубликованные в ведущих рецензируемых научных изданиях, перечень которых размещен на официальном сайте Высшей аттестационной комиссии:**

1. Расчет осевых нагрузок наземных транспортно-технологических машин / Орлов Д.С. // Грузовик. – 2024. - № 2 – С. 39-42. – DOI: 10.36652/1684-1298-2024-2-39-42 (авторский вклад 100%).
2. Исследование параметров упругой характеристики гидропневматического амортизатора шасси транспортно-технологических машин / С. В. Репин, А. Е. Пушкарев, Д. С. Орлов [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 7. – С. 503-508. – DOI 10.24412/2071-6168-2024-7-503-504 (авторский вклад 20%).
3. Адаптация гидропневматического амортизатора мобильных строительных машин для эксплуатации в условиях низких температур / С. В.

Репин, А. Е. Пушкарев, Р. А. Литвин [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 8. – С. 541-548. – DOI 10.24412/2071-6168-2024-8-541-542 (авторский вклад 30%).

4. Разработка конструкции амортизатора с регулируемой демпфирующей характеристикой для ходовой части транспортно-технологической машины / С. В. Репин, Т. В. Виноградова, Д. С. Орлов, А. А. Абросимова // Русский инженер. – 2023. – № 4(81). – С. 30-33 (авторский вклад 20%).

5. Исследование процессов обеспечения плавности хода транспортно-технологических машин на базе шасси грузовых автомобилей в сложных дорожных условиях / С. В. Репин, Н. А. Масленников, Д. С. Орлов, Д. С. Лутов // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2023. – № 23. – С. 76-84. – DOI 10.26160/2658-3305-2023-23-76-84 (авторский вклад 20%).

6. Исследование применения беспробойного пневмогидравлического амортизатора для повышения плавности хода транспортнотехнологической машины / С. В. Репин, Д. С. Орлов, С. Е. Максимов, О. А. Бардышев // Грузовик. – 2022. – № 1. – С. 10-14 (авторский вклад 26%).

7. Анализ оптимальных параметров электромагнитного амортизатора для строительных машин в условиях Севера / Р. А. Литвин, С. В. Репин, С. Е. Максимов [и др.] // Строительные и дорожные машины. – 2022. – № 7. – С. 8-11 (авторский вклад 25%).

#### **Патенты**

8. Патент на полезную модель № 223142 U1 Российская Федерация, МПК F16F 9/18. Регулируемый гидропневматический амортизатор : № 2023125171 : заявл. 29.09.2023 : опубл. 02.02.2024 / С. В. Репин, С. М. Грушецкий, А. В. Зазыкин, Д. С. Орлов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (авторский вклад 22%).

9. Патент на полезную модель № 226444 U1 Российская Федерация, МПК F16F 9/06. Гидропневматический амортизатор : № 2024105320 : заявл. 29.02.2024 : опубл. 04.06.2024 / С. В. Репин, С. А. Евтюков, Д. С. Орлов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (авторский вклад 26%).

#### **Программы для ЭВМ, имеющие государственную регистрацию:**

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023683533 Российская Федерация. Исследование демпфирующей характеристики амортизатора для шасси транспортно-технологических машин строительства : № 2023682548 : заявл. 25.10.2023 : опубл. 08.11.2023 / С. В. Репин, С. А. Евтюков, Д. С. Орлов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (авторский вклад 20%).

#### **Монографии**

11. Методические основы преподавания дисциплин по изобретательскому творчеству в техническом вузе: монография / С. В. Репин, Д. С. Орлов, Р. Р. Букиров, А. М. Войтко; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург: СПбГАСУ, 2024. – 156 с. – ISBN 978-5-9227-1354-2 (авторский вклад 20%).

12. Обеспечение плавности хода транспортно-технологических машин на автомобильном ходу: монография / С. В. Репин, В. Н. Добромиров, Д. С. Орлов, Р. Р. Букиров; Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2024. – 165 с. – ISBN 978-5-9227-1409-9 (авторский вклад 20%).

**Работы, опубликованные в изданиях, индексируемых в международных базах научного цитирования Scopus и Web of Science:**

13. Studying the operation of the pneumohydraulic shock absorber with zero bottoming in the suspension of a transport and handling machine / S. Repin, I. Vorontsov, D. Orlov, R. Litvin // Architecture and Engineering. – 2023. – Vol. 8, No. 1. – P. 82-87. – DOI 10.23968/2500-0055-2023-8-1-82-87 (авторский вклад 20%).

**Работы, опубликованные в других изданиях:**

14. Репин, С. В. Построение упругой характеристики беспробойного пневмогидравлического амортизатора в подвеске транспортно-технологической машины / С. В. Репин, Д. С. Орлов // Решетневские чтения : материалы XXVI Международной научно-практической конференции, посвященной памяти генерального конструктора ракетно-космических систем академика М. Ф. Решетнева, Красноярск, 09–11 ноября 2022 года. Том 1. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», 2022. – С. 589-591 (авторский вклад 25%).

15. Репин, С. В. Построение имитационной модели упругой характеристики беспробойного пневмогидравлического амортизатора при работе в условиях Крайнего Севера / С. В. Репин, Д. С. Орлов // Техническое обеспечение доступности арктических регионов : Материалы III Всероссийского научного семинара, Санкт-Петербург, 27 октября 2022 года. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2022. – С. 19-24 (авторский вклад 28%).

16. Исследование демпфирующей характеристики нового гидропневматического амортизатора / С. В. Репин, В. Н. Добромиров, Д. С. Орлов, А. В. Андронов // Вестник гражданских инженеров. – 2020. – № 2(79). – С. 187-194. – DOI 10.23968/1999-5571-2020-17-2-187-194 (авторский вклад 28%).

17. Исследование упругой характеристики нового гидропневматического амортизатора / С. В. Репин, В. Н. Добромиров, Д. С. Орлов, А. А. Капустин // Вестник гражданских инженеров. – 2019. – № 5(76). – С. 260-269. – DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-5-260-269 (авторский вклад 28%).

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы:**

1. ООО «Инженерная компания «Балтика», г. Санкт-Петербург, генеральный директор, кандидат технических наук **Цетлин Сергей Борисович**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

— Из названия диссертации не видно, что в исследовании принимали участие только строительно-дорожные машины на базе шасси грузовых автомобилей и подходят ли проведенные автором исследования для машин на шасси других категорий: М1, N1, МЗ;

— Из автореферата не понятно, при каких давлениях в шинах проводился эксперимент и проводились ли исследования зависимости динамической нагрузки от типа шин и давления в них;

— В автореферате не указана марка стенда для проведения экспериментальных исследований. Таким образом, непонятно, автор использовал стандартный существующий стенд или имело место внесение изменений в конструкцию стенда.

2. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский Горный университет Императрицы Екатерины II», заведующий кафедрой «Транспортно-технологических процессов и машин» кандидат военных наук по специальности 20.01.08 - Тыл вооруженных сил), профессор **Афанасьев Александр Сергеевич**; доцент кафедры «Транспортно-технологических процессов и машин», кандидат технических наук по специальности 05.22.10 - эксплуатация автомобильного транспорта **Кацуба Юрий Николаевич**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

— стр. 9, абзац 2 сверху: «...Такие же интервалы вариации нагрузок имеют место для других марок шасси». Из содержания автореферата не понятно, какие вариации нагрузок для шасси с колесной формулой 4x4 и 6x6, так как представленные на рис. 1 вариации нагрузок только для шасси с колесной формулой 4x2;

— из автореферата не понятно, каково максимальное значение нагрузки на ось для штатной работы амортизатора;

— стр. 13, абзац 2 сверху: «...нагрузка  $P_{ст}$  на колесо при различных видах ТТМ изменяется в пределах 13...90 кН...». Из автореферата не ясно как получены эти значения;

— в автореферате не раскрыто влияние климатических условий на стабильность работы амортизатора;

— стр. 16, абзац 2 снизу: «...Таким образом, разрабатываемый амортизатор вписывается в конструкцию стандартной подвески и отвечает требования на проектирование». Из автореферата не понятно, как автор на основании входных данных сделал такой вывод;

— стр. 17, абзац 1 сверху: «...на рис. 7 показаны стрелками рациональные конструктивные параметры амортизатора...», из автореферата не ясно как они получены и почему они являются рациональными параметрами;

— экспериментальные исследования имеют отклонения от классической схемы теории эксперимента.

3. ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет», Институт машиностроения, энергетики и транспорта, доцент кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство», кандидат технических наук по специальности 05.22.10 - Эксплуатация автомобильного транспорта, доцент **Раков Вячеслав Александрович.**

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

— Учитывалось ли в работе разность характеристик хода сжатия и отбоя?

— Проводились ли испытания на стенде в течение продолжительного времени, когда нагревается гидравлическая жидкость, а также при низкой температуре, когда она замерзает?

— Производилось ли сравнение характеристик разработанного амортизатора с существующими аналогами?

— Исходя из конструкции амортизатора, представленной на рис. 2 не ясно: как обеспечивается защита наружной рабочей поверхности (2), участвующей в уплотнении цилиндра от внешних воздействий?

4. ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», г. Екатеринбург, доцент кафедры горных машин и комплексов, кандидат технических наук по специальности 05.05.06 **Калянов Александр Евгеньевич**; заведующий кафедрой горных машин и комплексов, доктор технических наук, профессор **Лагунова Юлия Андреевна**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

— Из текста автореферата не ясно какие конструктивные параметры считаются рациональными. Не приведены численные данные рациональных конструктивных параметров гидропневматического амортизатора.

— Из автореферата не ясно на сколько предлагаемая конструкция гидропневматического амортизатора приспособлена к восстановлению работоспособного состояния после отказа, или повреждения.

5. ФГБОУ ВО «Тулский государственный университет», директор Института горного дела и строительства, доктор технических наук, профессор **Ковалев Роман Анатольевич**; заместитель директора по науке Института горного дела и строительства, доктор технических наук, профессор **Головин Константин Александрович**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

— Не совсем ясно, как предполагается регулировать (адаптировать) давление закачкой газа при эксплуатации ТТМ с различной нагрузкой.

— Рисунки 4 и 5 возможно объединить для более наглядного представления и категоричного анализа: давление газа отобразить слева на

вертикальной оси графика, а усилие – справа на дополнительной вертикальной оси.

— Исходя из текста автореферата не ясна целесообразность реализации разработанных решений: не определена экономическая эффективность от использования предлагаемого метода на автотранспортном предприятии или на заводе-изготовителе ТТМ.

6. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», г. Омск, заведующий кафедрой «Строительная, подъемно-транспортная и нефтегазовая техника», кандидат технических наук по специальности 05.05.04 - Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины, доцент **Летопольский Антон Борисович**; старший научный сотрудник научно-исследовательского управления, доцент кафедры «Строительная, подъемно-транспортная и нефтегазовая техника», кандидат технических наук по специальности 05.05.04 - Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины **Тетерина Ирина Алексеевна**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

— В автореферате (стр. 2) представлена диаграмма сравнения степени вариации нагрузок на оси различных ТТМ. Причем, в подрисуночной надписи, автор заявляет, что это только «фрагмент сравнения...». Для чего автор приводит эту диаграмму в автореферате не совсем понятно. Где в дальнейших экспериментальных и теоретических исследования эта информация применяется?

— Непонятно, что подразумевается под исходными данными «конкретной ТТМ» в пункте 2 алгоритма расчета параметров гидропневматического амортизатора (рис. 8) предложенного автором? Какие параметры машины нужно ввести, чтобы рассчитать гидропневматический амортизатор?

— Рассматривая вопрос взаимодействия движителя ТТМ с микрорельефом, представляется необходимым говорить о математической

модели взаимодействия движителя с грунтом (обрабатываемой поверхностью, опорной поверхностью и т.д.). В автореферате подобной математической модели нет. Возможно, математическая модель есть в тексте диссертации.

7. Военный институт (Железнодорожных войск и военных сообщений) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва, г. Санкт-Петербург, г. Петергоф, доцент 1 кафедры организации повседневной деятельности и безопасности военной службы, кандидат военных наук, доцент **Кобзарь Андрей Александрович**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

— В исследовании проведен анализ воздействия температуры на упругую характеристику амортизатора. Отмечено, что изменение вязкости жидкости слабо влияет на демпфирование. Был ли выполнен более глубокий анализ температур окружающей среды?

— Какого типа газ может быть закачан в газовую полость?

— Какого типа гидравлическая жидкость может быть закачана в гидравлическую полость?

8. ООО «Научно-Технический центр «Гидротранс», г. Санкт-Петербург, генеральный директор, кандидат технических наук **Губанов Владимир Георгиевич**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

— В работе представлен анализ влияния температуры на упругую характеристику ГПА. Указывается на незначительное влияние изменения вязкости жидкости на демпфирование. Проводился ли более детальный анализ или моделирование влияния температуры на демпфирующую характеристику, особенно на стабильность прогрессивно-регрессивного режима в заявленном диапазоне температур (от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+80^{\circ}\text{C}$ )?

— Расчет экономической эффективности сфокусирован на сокращении времени перемещения ТТМ за счет увеличения скорости. Были ли количественно оценены и включены в расчет другие потенциальные

эффекты, такие как увеличение долговечности элементов подвески и снижение вероятности отказов, что могло бы дать более полную картину экономической целесообразности внедрения?

— Исследование вариации нагрузок и разработка метода проводились для ТТМ на шасси с колесными формулами 4x2, 4x4, 6x4, 6x6. Насколько предложенный метод расчета и принципы адаптации ГПА применимы к ТТМ на шасси с большим числом осей (например, 8x4, 8x8) или на специализированных шасси без существенных доработок методики?

9. Шахтинский автодорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», доцент кафедры «Механизация и автоматизация автодорожной отрасли», кандидат технических наук, доцент **Кречко Александр Владимирович.**

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

— не указана скорость перемещения поршня при проведении эксперимента по определению показателя политропы газовой пружины;

— недостаточно полно описано устройство и конструкция дроссельно-клапанной втулки;

— не указан диапазон давления закачки газа в амортизатор для адаптации к различным нагрузкам на оси.

10. Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования «Белорусско-Российский университет», Республика Беларусь, г. Могилев, кандидат технических наук по специальности 05.05.04: Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины, заведующий кафедрой, доцент **Лесковец Игорь Вадимович.**

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

— на стр. 14 автореферата выбран линейный закон открытия клапанов амортизатора, однако данное положение в автореферате не обосновано;

— на стр. 18 автореферата представлены результаты моделирования амортизатора при наезде на единичные препятствие, при реальной эксплуатации автомобиля он перемещается по неровностям, характерным для разных типов дорог, анализ работы амортизаторов для этих режимов движения в автореферате отсутствует;

— в связи с тем, что амортизатор является частью подвески автомобиля, моделирование его работы рекомендуется проводить совместно с моделированием работы других систем и механизмов на основании системного подхода, реализация такого подхода в автореферате отсутствует.

11. ООО «Промышленная Безопасность», г. Санкт-Петербург, руководитель отдела ЭПБ, кандидат технических наук, **Филин Александр Николаевич**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

— некоторые результаты в автореферате носят описательный характер и без особого ущерба могут быть сокращены;

— из текста автореферата не понятно, каким образом результаты оценки эффективности применения новых конструкций амортизаторов, полученные Яценко Н.Н., соотносятся с результатами автора работы (стр. 22 автореферата).

12. ФГУП «Крыловский государственный научный центр», г. Санкт-Петербург, начальник сектора научно-исследовательских разработок специального оборудования филиала «Центральный научно-исследовательский институт судовой электротехники и технологии», кандидат технических наук **Ховалыг Настык-Доржу Кызыл-оолович**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

— из автореферата непонятно, проводил ли автор исследования по сроку службы амортизаторов новой и базовой конструкции;

— не на всех графиках в автореферате указаны единицы измерения;

— из автореферата непонятно, как автор определял экономический эффект 15 тыс. руб. в месяц на одну машину, а срок окупаемости применения новых амортизаторов составил не более 5 месяцев.

13. ЗАО НИПКБ «Стройтехника», г. Санкт-Петербург, генеральный директор, кандидат технических наук, доцент **Сизиков Станислав Анатольевич**.

*Отзыв положительный, имеются замечания:*

— В автореферате не представлены: оптимальные параметры нагрузки для четырехосных транспортных машин; рекомендации по выбору амортизатора для эксплуатации на различных грунтовых поверхностях.

— Отсутствует описание механизмов защиты амортизатора от внешних повреждений.

14. ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», доцент кафедры «Графическое моделирование», кандидат технических наук по специальности 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства», доцент **Махмутов Марат Мансурович**.

*Отзыв положительный, имеется замечание:*

— В автореферате отсутствует сравнение характеристик колебательного процесса, получаемых при параметрах подвески до внесения изменений в конструкцию подвески.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** их репутацией в научном и педагогическом сообществе, компетенциями в области исследования, а также способностью оценить научную и практическую ценность диссертации. Учтена также тематическая близость их работ к теме диссертации, актуальность публикаций и их наличие в авторитетных научных источниках.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработана** оригинальная научно-техническая идея снижения амплитуды колебаний шасси и динамических нагрузок при движении транспортно-технологической машины по неровной дороге за счет применения амортизатора, содержащего упругий элемент с прогрессивной характеристикой (газовую пружину) и демпфирующий элемент с прогрессивно-регрессивной характеристикой, сформированной в зависимости от веса транспортно-технологической машины с учетом выявленных закономерностей реализуемого процесса;

**предложены** математические модели рабочих процессов гидропневматических амортизаторов при взаимодействии шасси транспортно-технологических машин с опорной поверхностью с учетом экспериментально установленного значения показателя политропы газовой пружины, направленные на снижение амплитуды колебаний и динамической нагрузки шасси.

**доказано** наличие зависимости параметров адаптации гидропневматического амортизатора для использования в шасси транспортно-технологических машин от степени вариации нагрузок на оси;

**введены** экспериментально установленные показатели политропы газовой пружины для использования в математических моделях рабочих процессов гидропневматических амортизаторов и в расчетах нагрузок на базовое шасси при взаимодействии шасси транспортно-технологических машин с опорной поверхностью.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказана** возможность описания рабочих процессов гидропневматического амортизатора при взаимодействии шасси транспортно-технологических машин с опорной поверхностью математической моделью, включающей моделирование упругой характеристики, давления закачки газа в амортизатор, демпфирующей характеристики, снижения амплитуды и динамических нагрузок при движении по неровной дороге с препятствием

типа «волна» с перепадом по вертикали более 0,1 и влияние температуры на параметры упругой характеристики;

**применительно к проблематике диссертации результативно использован** комплекс методов исследования, таких как: методы математического моделирования, численного эксперимента и планирования эксперимента;

**изложены** результаты экспериментальных исследований, доказывающие адекватность разработанных моделей и подтверждающие установленные показатели политропы газовой пружины;

**раскрыты** противоречия, затрудняющие эффективное применение транспортно-технологических машин на базе автомобильных шасси вследствие невозможности обеспечить эксплуатационную скорость движения по неровным дорогам при существующих конструкциях упругодемпфирующих элементов подвески шасси;

**изучены** причинно-следственные связи между величиной сопротивления дросселей и клапанов и скоростью подвижного элемента амортизатора;

**проведена модернизация** метода расчета параметров гидропневматических амортизаторов транспортно-технологических машин.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**разработан и внедрен** метод расчета параметров гидропневматических амортизаторов транспортно-технологических машин на амортизаторном заводе ООО «Плаза», а также на курсе теоретических занятий по дисциплине «Машины для землеройных работ» для обучающихся на кафедре наземных транспортно-технологических машин в ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» по специальности 23.05.01 – Наземные транспортно-технологические средства;

**определены** перспективы практического применения метода расчета параметров гидропневматических амортизаторов транспортно-технологических машин;

**создан** алгоритм расчета гидропневматических амортизаторов для определения рациональных конструктивных параметров гидропневматических амортизаторов, устанавливаемых на шасси транспортно-технологических машин;

**представлены** рекомендации для расчета и последующей адаптации гидропневматических амортизаторов транспортно-технологических машин.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ** высокую сходимость результатов, полученных теоретическим и экспериментальным путём, посредством общепринятых методов проведения и обработки результатов экспериментальных исследований, осуществляемых при помощи специализированного стенда, имеющего свидетельство о поверке и обеспечивающего допустимую погрешность измерений;

**теория** исследования базируется на анализе значительного количества трудов ученых и специалистов в области машиностроения и не противоречит результатам ранее выполненных работ в исследуемой научной области. Результаты экспериментальных исследований подтверждают правильность сформулированных теоретических положений;

**идея базируется** на анализе опыта практического применения существующих методов расчета параметров гидропневматических амортизаторов транспортно-технологических машин, применяемых на территории РФ и за рубежом;

**использованы** сравнения авторских данных и полученных ранее результатов ведущих ученых по теме исследования и установленные взаимосвязи в направлении метода расчета параметров гидропневматических амортизаторов транспортно-технологических машин;

**установлено** качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике.

**Личный вклад соискателя состоит в:** постановке цели и задач исследования, формулировании гипотезы, разработке теоретических положений, проведении экспериментальных исследований, формулировании выводов и апробации результатов работы в практической деятельности производственных организаций, что подтверждается актами внедрения в производственную деятельность, а также в учебном процессе высшего образовательного учреждения, подготовке основных публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Какие газы рекомендуется использовать в амортизаторе? Какие температуры развиваются в узлах трения уплотнения газовой полости? На сколько надежно уплотнение газовой полости? Какие испытывает нагрузки? В жидкостной полости, сама жидкость обеспечивает смазку всех рабочих уплотнений, а что обеспечивает смазку и уплотнительный эффект в газовой полости, в зоне работы уплотнения? Какое давление? Какие давления развиваются максимальные?

2. Слайд 14. Поясните работу красной и синей линии. Что это такое? Как были получены эти кривые? Как удалось построить и смоделировать? В какой момент эксплуатации регулируется дроссельный и клапанный режим? В процессе работы или в процессе перехода на другой участок: движения по ровной дороге на переход на неровный участок?

3. Почему демпфирующая характеристика не симметрична, а именно сопротивление на ходе отбоя, принято выше, чем на ходе сжатия, как вы считаете?

4. Как считалась степень вариации? Отношение чего к чему? Исследуемые препятствия, принимали сами или это типовые и нормированные ГОСТовские? Экономическая эффективность. Вы ссылаетесь на исследования Н.Н. Яценко. На какие конкретные исследования? За счет чего экономическая эффективность?

5. Слайд 12 – Вы сказали во введении, что рассматривается увеличенное количество точек, а именно до 5, которые принимаются для расчета. Что это за точки 1-5? Почему стало 5, а не 15? Температурные условия работы амортизатора? Предпоследний слайд: «предложен способ...»? Речь о способе или о методе?

6. На каком основании сделаны выводы, что полученные вами результаты дадут увеличение скорости? Не только обоснованием, но и цифры.

7. Экономический эффект. А в чем источники этого эффекта? Каким образом он достигается?

8. Часть исследований проводилась в условиях фактического перегруза техники, на рисунке 1 автореферата упомянуто 4 вида шасси – КАМАЗ-4308, КАМАЗ 53605, КАМАЗ-43253 и КАМАЗ-43255, из которых самая большая максимально допустимая нагрузка на заднюю ось имеется у автомобиля КАМАЗ 53605. Её величина составляет 13 тонн, а на переднюю – 7,5 тонн, что меньше 17 и 12 тонн, приведённых на графике.

Соискатель Орлов Д.С. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Рассматривался газ – азот, так как он более стабильный. Кислород не рассматривался, так как он окисляет металлические детали, поэтому мы его исключаем. Уплотнениями являются резиново-технические изделия. Рабочая температура рассматривалась порядка 40-60<sup>0</sup>С. Полость Б герметична, а в полостях А и В находится жидкость, которая перетекает из полостей друг друга. Поскольку газовая полость является внутренней частью, то при сжатии остается масляный след на внутренней рабочей стенке полости Б. Максимальное давление развивается равное 4 МПа.

2. На слайде показана демпфирующая характеристика, которая имеет различную форму и точки перегиба, как они были смоделированы. Прогрессивная форма демпфирующей характеристики определяется по известной формуле возрастания гидравлического сопротивления от скорости

движения жидкости в дроссельных каналах. Величины сопротивлений в точках были вычислены подстановкой значений в дифференциальные уравнения. Первая часть характеристики прогрессивная, которая переходит во вторую часть - регрессивную. Задача - получить зависимость скорости подачи жидкости по формуле, представленной на верху слайда. Моменты начала и окончания открытия клапанов задаются в математической модели, также задается закон открытия клапанов. Регрессивная часть регулируется стадиями от начала открытия клапанов до полного их открытия. Техническое решение этого вопроса – это уже инженерная задача. При проезде по неровной дороге с высотой, равной 5 см, то есть с небольшими неровностями, у нас идет первая часть характеристики – прогрессивная. А момент открытия клапанов соответствует наезду на единичное препятствие высотой 10 см, в этот момент уже имеет место регрессивная характеристика.

3. Суммарное сопротивление амортизатора представляет собой сумму сопротивлений упругой и демпфирующей характеристик. А так как на участке сжатия величина упругого сопротивления намного выше, чем на участке отбоя, то для уравнивания разницы выбирается сопротивление на участке отбоя демпфирующей характеристики выше, чем на участке сжатия.

4. Путем подсчета отношения максимальной нагрузки на колесо к минимальной. В расчете экономической эффективности учитывали только сокращение времени на перемещения исключительно за счет увеличения скорости движения между объектами. Рассматривались исследования влияния амплитуды и ускорения колебательного процесса на скорость перемещения.

5. До меня были 3 точки, это точки 2-3-4. Точка 3 – это статическая нагрузка. Точка 2 – это деформация на отбой. Точка 4 – это деформация на сжатие. Нами была добавлена точка 1, которая соответствует давлению закачки газом амортизатора до установки на шасси ТТМ, точка 5 – это максимальная нагрузка, которую может испытывать амортизатор за

пределами работы базового амортизатора, то есть на участке между токами 4 и 5, газовая пружина работает на неровностях более 10 см. Если мы говорим о внешней температуре, то это стандартные температуры средней полосы Российской Федерации, однако есть возможность адаптации к условиям севера, но в данной работе не расчет рассматривался. В данном случае имеет место опечатка, должно быть – «метод».

6. Вывод был сделан на основании достижения поставленной задачи, а именно обеспечить максимальное вертикальное ускорение, не превышающее  $10\text{м/с}^2$ , которое, согласно исследованиям Яценко Н.Н. и других, обеспечит движение транспортно-технологических машин со скоростью порядка  $40\text{км/ч}$ , именно данный результат и получен в результате моделирования.

7. По данным исследователей, эффект от уменьшения динамической нагрузки обеспечивает, по крайней мере, 4 преимущества: повышение скорости, долговечности, снижение вероятности отказов и улучшение условий труда. Расчет только за счет увеличения скорости повышения на 20 % уже дает окупаемость новой конструкции менее полугода, но нам удалось достичь двукратного увеличения скорости. Чем меньше времени затрачивается на преодоления движения, тем больше времени нахождения машины на объекте для выполнения непосредственно своей задачи.

8. На рисунке представлены данные по всему ряду автомобилей КАМАЗ, имеющих 2-х и 3-х осную компоновку. В ходе исследования рассматривались различные модификации имеющихся базовых шасси, в том числе и с увеличенной грузоподъемностью. В том числе были проанализированы данные по шарнирно-сочленённым самосвалам «Ямал» (серия «Ямал В-4»). Эта модификация с колёсной формулой  $4\times 4$ , предназначенная для работы в условиях бездорожья и имеющая увеличенную грузоподъемность.

На заседании 27.05.2025 диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи, заключающейся в разработке метода расчета параметров гидропневматических амортизаторов транспортно-

технологических машин, имеющей существенное значение для развития машиностроения, присудить Орлову Д.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, из них 7 докторов технических наук по специальности 2.5.11 Наземные транспортно-технологические средства и комплексы, участвовавших в заседании, из 14 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за - 12, против - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель  
диссертационного совета

Ученый секретарь  
диссертационного совета

27 мая 2025 года



  
Пушкарев Александр Евгеньевич

  
Грушецкий Станислав Михайлович