

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 44.2.006.01, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ
СООБЩЕНИЯ» (ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА) (ФГБОУ ВО СамГУПС), ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 15.07.2021 г., протокол № 3

О присуждении Мустафаеву Юрию Кямаловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Динамика ходовых частей вагона с учётом гироскопических свойств колёсных пар» по специальности 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация (технические науки) принята к защите 14.05.2021 г., протокол № 2 диссертационным советом Д 218.011.02, на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный университет путей сообщения» (Федеральное агентство железнодорожного транспорта) (443066, г. Самара, ул. Свободы, 2 В), созданным в соответствии с приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 126/нк от 17.02.2021 г. с изменениями в приказе от 03.06.2021 г. № 561/нк.

Соискатель Мустафаев Юрий Кямалович 1982 года рождения, в 2004 г. окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарская государственная академия путей сообщения» МПС России (ГОУ ВПО СамГАПС) по специальности «Электрический транспорт (железнодорожный транспорт)» с присуждением квалификации «Инженер путей сообщения-электромеханик».

В период подготовки диссертации Мустафаев Юрий Кямалович с 01.10.2004 г. по 30.09.2007 г. обучался в аспирантуре (очная форма) государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный университет путей сообщения» по специальности 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация, отрасль науки – технические науки.

С 10.2007 г. по 09.2012 г. работал в должности преподавателя кафедры «Механика», с 10.2012 г. по 09.2014 г. работал в должности старшего преподавателя кафедры «Механика», с 09.2014 г. по 09.2016 г. работал в

должности старшего преподавателя кафедры «Механика и инженерная графика», в настоящее время работает старшим преподавателем на кафедре «Наземные транспортно-технологические средства» ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения».

Диссертация выполнена на кафедре «Наземные транспортно-технологические средства» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный университет путей сообщения» (Федеральное агентство железнодорожного транспорта).

Научный руководитель – Свечников Андрей Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Наземные транспортно-технологические средства» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный университет путей сообщения».

Официальные оппоненты:

Петров Геннадий Иванович, гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта», г. Москва;

Саидова Алина Викторовна, гражданин Российской Федерации, кандидат технических наук, доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» федерального бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», г. Санкт-Петербург.

Официальные оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения», г. Екатеринбург, в своем положительном отзыве, подписанным Колясовым Константином Михайловичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Вагоны», и утвержденном проректором по научной работе, кандидатом технических наук, доцентом Бушуевым Сергеем Валентиновичем, указала, что соискателем получены основные научные результаты:

1. По научной новизне работы:

1.1. Разработана математическая модель тележки грузового вагона, учитывающая гироскопические свойства колёсных пар;

1.2. Получена аналитическая зависимость и выполнен расчет частот собственных колебаний вращающейся колёсной пары при постановке задачи как ротора в опорах с различной жёсткостью в горизонтальном и вертикальном направлениях;

1.3. Разработана методика, позволяющая провести оценку влияния статического и динамического дисбаланса на амплитуду и характер вынужденных колебаний колёсной пары при учете её гироскопических свойств, впервые проведена оценка вклада гироскопических сил в общую динамическую нагруженность буксовых узлов;

1.4. Получены уравнения, позволяющие получить траекторию извилистого движения одиночной колёсной пары при различных скоростях движения с учетом влияния гироскопических свойств и при наличии упругого проскальзывания в точках контакта с рельсом.

2. По теоретической и практической значимости работы:

2.1. Получены уравнения, позволяющие аналитически определить и теоретически обосновать траекторию и длину волны извилистого движения колёсной пары с учётом ее гироскопических свойств и упругого проскальзывания в пятне контакта «колесо-рельс»;

2.2. Получены математические зависимости собственных частот колебаний колёсной пары от скорости движения вагона и разработана методика оценки резонансных частот колёсной пары, позволяющая выявить критические скорости движения экипажа, при которых возникают наибольшие динамические воздействия, а также выработать способы вывода этих частот в зону неэксплуатационных скоростей;

2.3. Разработана математическая модель колебаний колёсной пары в постановке задачи как вращение ротора в опорах, имеющих различную жесткость в продольном и вертикальном направлениях, которая, позволяет оценить дополнительный вклад в динамическую нагруженность буксовых узлов, вызванный наличием таких отклонений, как дисбаланс, эллиптичность и несоосность колёс при учете влияния гироскопических свойств;

2.4. Разработана программа расчёта динамики тележки грузового вагона с учётом гироскопических свойств вращающихся колёсных пар, позволяющая проводить анализ зависимостей конструкционных параметров тележки на динамические и ходовые качества вагона, а также сократить сроки проектирования новых типов ходовых частей грузовых вагонов за счет сокращения необходимого объема натурных экспериментальных исследований.

Соискатель имеет 44 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано четырнадцать работ общим объемом 7,2 печатных

листа – авторский вклад соискателя 5 печатных листов, в том числе четыре работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ для опубликования результатов диссертационных исследований по специальности 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация (технические науки).

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах, в которых изложены основные научные результаты.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Мустафаев, Ю.К. Об аналитическом решении уравнений колебаний колесной пары с учётом её гироскопических свойств / Ю. К. Мустафаев, Е.М. Плохов, А.А. Свечников // Вестник транспорта Поволжья, №1(85). – Самара, 2021. – С. 12-18. (0,7 п.л./авторский вклад соискателя 0,5 п.л.). В работе изложена методика получения аналитического решения уравнений движения колёсной пары в представлении её как ротора в неравноупругих опорах, представляющее собой теоретический интерес, в сравнении с численным решением аналогичной задачи.

2. Мустафаев, Ю. К. Оценка буксовых реакций колёсной пары в резонансных режимах / Ю.К. Мустафаев, Л. В. Кудюров, А.А. Свечников // Вестник транспорта Поволжья, №4(76). – Самара, 2019. – С. 38-45. (0,95 п.л./авторский вклад соискателя 0,65 п.л.). В статье приведена методика определения буксовых реакций колесной пары, приведены результаты численного моделирования, дана их оценка.

3. Мустафаев, Ю.К. Влияние гироскопических свойств колёсной пары на изменение частоты собственных колебаний / Ю.К. Мустафаев // Вестник транспорта Поволжья, №5(53). – Самара, 2015. – С. 47-53. (0,7 п.л./авторский вклад соискателя 0,7 п.л.). Работа посвящена изучению динамики вращающейся колёсной пары, в особенности такому фактору, как изменение собственной частоты угловых колебаний ротора в зависимости от скорости его вращения.

4. Мустафаев, Ю.К. Динамика тележки грузового вагона с учётом гироскопических свойств колёсной пары / Ю.К. Мустафаев, Л.В. Кудюров, А.А. Свечников // Вестник транспорта Поволжья, №6(48). – Самара, 2014. – С. 23-30. (0,8 п.л./авторский вклад соискателя 0,55 п.л.). В статье рассматривается методика построения имитационной математической модели трёхэлементной тележки грузового вагона с учётом гироскопических свойств вращающихся колёсных пар. Приведены фазовые траектории движения элементов тележки, полученные по результатам численного моделирования. Проведено сравнение результатов с экспериментальными данными.

В диссертации соискатель ссылается на всех авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов.

Публикаций в печати по теме диссертации достаточно для суждения о выполненной работе.

На диссертацию и автореферат поступило 9 (девять) положительных отзывов.

1. ООО «Всесоюзный научно-исследовательский центр транспортных технологий», г. Санкт-Петербург, отзыв подписан ведущим научным сотрудником, кандидатом технических наук Гусевым Артёмом Владимировичем. Замечания: 1. Для проверки адекватности разработанной математической модели движения грузового вагона с учетом гироскопического эффекта колесных пар было проведено сравнение результатов расчета и эксперимента для тележек 18-100 и 18-578 в изношенном состоянии, при этом из автореферата не вполне ясно, какие при этом учтены износы и какое влияние оказывают гироскопические свойства колесных пар на динамические качества экипажа при рассмотрении тележек в новом состоянии. Также для анализа результатов сравнения моделирования и эксперимента необходимо уточнить, какие рассматривались участки движения вагона (прямая и кривые различных радиусов). 2. На основании разработанной математической модели тележки грузового вагона автором проведена оценка гироскопических свойств колесных пар на динамические качества экипажа, при этом из автореферата не ясно был ли проведен анализ влияния наличия дефектов на поверхности катания колес на характер проявления гироскопического эффекта.

2. ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», г. Иркутск, отзыв подписан заведующим кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство», кандидатом технических наук, доцентом Тармаевым Анатолием Анатольевичем, старшим преподавателем кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Ермоленко Игорем Юрьевичем. Замечания: 1. Математическая модель динамики тележки грузового вагона (стр. 13), применяется только для тележки мод. 18-100 или может применяться для всего модельного ряда (например, 18-9810 и 18-9855 с билинейной силовой характеристикой рессорного подвешивания)? 2. На рисунке 12 (стр. 17) приведены результаты сравнения расчетного и экспериментального значений коэффициента вертикальной динамики. Гораздо логичнее было показать сходимость результатов для обрессоренных и необрессоренных масс одной модели тележки. 3. Аналитические зависимости получены с учетом крипа в пятне контакта колесо-рельс с применением линейной теории крипа Картера. Между тем сейчас широко используются нелинейные зависимости, полученные

Де Патером, Боммелем, Калкером, и реализованные в программных комплексах в виде моделей Шена, алгоритма Fastsim.

3. ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», г. Хабаровск, отзыв подписан и.о. заведующего кафедрой «Транспорт железных дорог», кандидатом технических наук, доцентом Яранцевым Максимом Владимировичем, кандидатом технических наук, доцентом кафедры «Транспорт железных дорог» Трофимовичем Виталием Владимировичем. Замечания: 1. в работе получены уравнения движения колесной пары, упруго связанной с ходовыми частями экипажа, как данный факт относится к реальной конструкции связи колесной пары с рамой тележки грузового вагона, имеющей в буксовых связях зазоры? 2. На стр. 11 автореферата сказано «... следует вывод, что влияние гироскопических свойств на изменение собственной частоты колебаний колесной пары действительно имеет место и особенно ощутимо при высокоскоростном движении», однако в автореферате не удалось найти численное значение (процент) влияния учета гироскопических свойств. 3. Автором преимущественно рассматривается устаревшая тележка модели 18-100, в то время как на сети железных дорог происходит процесс ее вытеснения новыми более совершенными тележками.

4. АО «РМ Рейл Инжиниринг», г. Саранск, отзыв подписан управляющим директором, кандидатом технических наук Раловцем Сергеем Анатольевичем. Замечания: 1. Из автореферата непонятно насколько критичным является оценка влияния гироскопических свойств для ходовых частей вагона в диапазоне эксплуатационных скоростей, так как в одном из выводов было сказано, что влияние гироскопических свойств на изменение собственной частоты колебаний особенно ощутимо при высокоскоростном движении. 2. Также, из автореферата непонятно насколько критичным является влияние гироскопических свойств в буксовых узлах колесных пар, так как при рассмотрении вопросов прочности, в том числе и усталостной, имеет место средняя техническая скорость, которая не находится в интервале повышенных скоростей движения.

5. ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», отзыв подписан заведующим кафедрой теоретической механики, доктором технических наук, профессором Аслановым Владимиром Степановичем. Замечание: в главе 2 не указаны численные методы, которые применялись при получении численных решений и не даны сравнительные оценки полученных решений.

6. ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет путей сообщения», г. Новосибирск, отзыв подписан кандидатом технических наук,

доцентом, заведующим кафедрой ППСДМ Воронцовым Денисом Сергеевичем. Замечания: 1. На рисунке 1 автореферата и в комментариях к системе (1) автором используется термин «частота виляния колесной пары», а в заключении присутствует фраза «увеличение длины волны извилистого движения». Как связаны указанные величины? 2. В четвертой главе идет речь о численном решении системы нелинейных дифференциальных уравнений и о способе повышения быстродействия путем частичной линеаризации уравнений, однако не сказано, какие численные методы и параметры численных алгоритмов использовались. Возможно, выбор другого алгоритма численного решения дал бы еще больший прирост быстродействия.

7. ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», отзыв подписан доцентом кафедры теоретической механики и сопротивления материалов, кандидатом физико-математических наук, доцентом Муштари Айратом Ильдаровичем. Замечания: 1. Представляет интерес решение задачи вращения ротора для несимметричных анизотропных опор и в случае несимметричности самого ротора. 2. Следует расширить анализ и оценку влияния коэффициентов вязкого демпфирования не только на амплитуду, но и на частоту колебаний.

8. ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва», отзыв подписан доцентом кафедры прикладной математики, дифференциальных уравнений и теоретической механики, кандидатом физико-математических наук, доцентом Сыромясовым Алексеем Олеговичем. Замечания: 1. Из текста автореферата не ясно, как определялись параметры упруго-демпфирующих связей между телами, представляющими детали конструкции тележки вагона? 2. В работе представлена оценка влияния возмущающих воздействий (дисбаланс, несоосность и т.д.) на колебания колёсной пары. Следовало привести подобный анализ для разработанной во второй главе модели тележки вагона. 3. В равенствах (7) для работы фигурирует функция sign , которая, как известно, разрывна. Это означает, что решаемая в работе система (4) сводится к системе дифференциальных уравнений с разрывной правой частью. В автореферате не указано, каким методом решалась эта система, и не оговаривается, пригоден ли этот метод для систем с разрывной правой частью.

9. ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», отзыв подписан заведующим кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство», кандидатом технических наук, доцентом Вороном Олегом Андреевичем, профессором кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство», доктором технических наук, профессором Петрушиным Александром Дмитриевичем.

Замечания: 1. На странице 9 автореферата сказано, что кинематические уравнения Клингеля были модифицированы путём введения поправок к геометрии колёсных пар. Следует пояснить суть поправок и на основании чего они введены, 2. В уравнениях (1) не пояснены некоторые обозначения, в частности параметры ψ и θ . 3. На рисунке 7 справа приведены графики, однако пояснений к ним не дано.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они соответствуют п. 22 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, являются признанными специалистами в области оценки динамических и прочностных качеств подвижного состава, взаимодействия подвижного состава и пути. Оппоненты имеют соответствующие публикации в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК РФ и дали согласие на оппонирование диссертации.

Выбор ведущей организации обосновывается тем, что она соответствует п. 24 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, широко известна достижениями в соответствующей отрасли науки, имеет компетентных специалистов, работающих в области оценки динамических и прочностных качеств подвижного состава, взаимодействия подвижного состава и пути, способна определить научную и практическую ценность диссертации. Сотрудники структурных подразделений ведущей организации являются авторами публикаций в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий Российской Федерации, по тематике диссертации и организация дала свое согласие на рецензирование диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны новые модели динамики колёсной пары и трёхэлементной тележки грузового вагона, учитывающие влияние гироскопических свойств, возникающих при колебаниях вращающихся колёсных пар;

предложен новый подход к моделированию малых колебаний колесной пары, отличающийся тем, что вращающаяся колесная пара представлена как ротор в неравноупругих опорах;

доказана необходимость учёта гироскопических свойств вращающихся колёсных пар при построении имитационных математических моделей ходовых частей вагонов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана необходимость учета собственных частот колебаний колёсной пары как функции от угловой скорости собственного вращения, основанная на применении уравнений классической механики и математического численного анализа; зависимость критических скоростей движения в зависимости от параметров упруго-демпфирующих связей в буксовых узлах и верхнем строении рельсового пути, получены уравнения извилистого движения колёсной пары по прямолинейному участку рельсового пути, учитывающие упругое проскальзывание в зоне контакта колеса и рельса, а также гироскопические и инерциальные силы.

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования, а именно: применение теорем и принципов теоретической механики к составлению уравнений движения ходовых частей подвижного состава, использован математический аппарат в области численных методов интегрирования систем нелинейных дифференциальных уравнений движения,

изложена методика составления математической модели динамики ходовых частей вагона с учётом влияния гироскопических свойств колёсных пар,

раскрыто несоответствие в оценке динамических реакций, возникающих в буксовых узлах колесной пары при использовании модели, не учитывающей гироскопические свойства в сравнении с моделью, предлагаемой автором,

изучены зависимости между динамическими реакциями, скоростями движения и коэффициентами жёсткости и вязкого демпфирования, приведённых к буксовому узлу,

проведена модернизация существующих математических моделей движения колёсной пары и трёхэлементной тележки грузового вагона, обеспечивающая получение новых результатов в области динамики подвижного состава.

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

разработаны и внедрены новая методика определения критических скоростей движения экипажа по условию возникновения резонансных колебаний колёсной пары, новая методика оценки динамических реакций буксового узла, модель динамики ходовых частей трёхэлементной тележки грузового вагона,

определены перспективы практического использования разработанных методик определения критических скоростей и динамических реакций в буксовых узлах колёсных пар вагонов, предложенных моделей и программы моделирования динамики ходовых частей грузового вагона в процессе их проектирования и модернизации,

создана программа численных расчётов параметров движения элементов ходовых частей вагона, разработанная на базе предложенной автором модели динамики тележки,

представлены методические рекомендации по повышению быстродействия программы численного анализа путем проведения частичной линеаризации, составленной автором системы нелинейных уравнений движения без существенного снижения точности проводимых расчётов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что теория построена на известных научных положениях и методах теоретической механики и вычислительной математики, согласуется с опубликованными данными и результатами других авторов, **идея базируется** на обобщении отечественного и зарубежного передового опыта в области моделирования и исследования динамики ходовых частей подвижного состава, **использовано** сравнение результатов определения динамических характеристик движения тележек грузового вагона моделей 18-100 и 18-578 с экспериментальными данными и с результатами, полученными другими авторами, **установлено** качественное и количественное совпадение коэффициентов вертикальной динамики обрессоренных и необрессоренных масс тележек 18-100 и 18-578, полученных с использованием предложенных автором моделей, с характеристиками, представленными в независимых источниках в области исследования, **использованы** современные методики сбора и обработки экспериментальных данных с обоснованием подбора объектов наблюдения и измерения.

Личный вклад соискателя состоит в: постановке задач диссертационного исследования, разработке теоретических положений в области динамики колесной пары, выполнении всех этапов научного процесса, обработки и интерпретации экспериментальных данных, личном участии в апробации результатов научной работы, выполнении численных расчетов и экспериментов, подготовке основных публикаций по теме выполненного диссертационного исследования, получении практических и теоретических результатов работы.

На заседании 15.07.2021 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-

квалификационную работу, в которой изложено решение научной задачи учёта, анализа и оценки влияния гироскопических свойств вращающихся колёсных пар вагона на динамику ходовых частей, имеющее значение для развития методов расчета, проектирования и эксплуатации нетягового грузового подвижного состава железнодорожного транспорта, соответствующую критериям, установленным п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, и принял решение присудить Мустафаеву Юрию Кямаловичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация (технические науки).

Заседание диссертационного совета 44.2.006.01 по защите диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Мустафаева Юрия Кямаловича 15.07.2021 года проведено в удаленном интерактивном режиме, с соблюдением рекомендаций, разработанных в Университете в целях предупреждения распространения коронавирусной инфекции (COVID-19).

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 4 доктора наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали за присуждение ученой степени – 14, против присуждения ученой степени – 0.

Председатель
диссертационного совета,
д.т.н., профессор



Андрончев Иван Константинович

Ученый секретарь
диссертационного совета
к.т.н., доцент

Исайчева Алевтина Геннадьевна

16.07.2021 г.