

**Акционерное общество Научная организация
«Тверской институт вагоностроения»**
Петербургское шоссе, 45-г, г. Тверь, Россия, 170003
Тел./факс (4822)55-54-52
E-mail: info@tiv.ru

Утверждаю:

Заместитель генерального директора –
технический директор, кандидат
технических наук (05.22.07 –
Подвижной состав железных дорог,
тяга поездов и электрификация),
Акционерное общество
Научная организация
«Тверской институт вагоностроения»




«26» _____ 12 _____ 2022 г.
А.Н. Скачков

ОТЗЫВ

**ведущей организации – Акционерного общества Научная организация
«Тверской институт вагоностроения» (АО НО «ТИВ»)
на диссертацию Сергеева Ивана Константиновича «Моделирование
продольных сил, возникающих при взаимодействии порожних и
малозагруженных вагонов в грузовых поездах», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 2.9.3. Подвижной состав железных дорог,
тяга поездов и электрификация**

Актуальность темы исследования

Процесс возникновения продольных сил в сцепках вагонов при движении в составе является одной из классических тем дисциплины железнодорожной динамики. Характер указанного динамического процесса во многом зависит от массы и геометрических параметров взаимодействующего подвижного состава, а также режима его движения. Рост популярности контейнерных перевозок привёл к увеличению доли длиннобазных платформ в вагонном парке отечественных железных дорог, а также к изменению условий, в которых эксплуатируются грузовые вагоны.

Конструкция длиннобазной платформы для перевозки крупнотоннажных контейнеров имеет ряд особенностей, оказывающих

значительное влияние на характер протекания динамических процессов, к числу которых относится увеличенная длина базы и применение классической тормозной системы грузового вагона.

Моделирование продольных сил, возникающих в конструкции таких вагонов при движении состава является важной исследовательской задачей, поскольку отсутствие сведений о характере протекания динамического процесса может стать причиной небезопасных конструктивных решений, приводящих к аварии при штатной эксплуатации вагонов. Отмеченное особенно актуально для порожних и малозагруженных вагонов, поскольку их конструкция наиболее уязвима для выжимания. В связи с этим, диссертационная работа Сергеева Ивана Константиновича, заключающаяся в анализе взаимодействия вагонов при движении в новых эксплуатационных условиях и представлении научного обоснования и технических решений по улучшению их конструкции является актуальной.

Оценка структуры и содержания работы

Диссертация выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении «Российский университет транспорта» на кафедре «Вагоны и вагонное хозяйство». Диссертация включает в себя введение, пять разделов, заключение, содержащее, заключение, список литературы из 145 наименований и два приложения. Работа содержит 190 страниц, в том числе: 151 страницу основного текста, 86 рисунков, 16 таблиц.

Содержание и структура диссертации находятся в логическом единстве и соответствуют поставленной цели исследования и критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования. Выдвигаемые соискателем теоретические и методологические положения, а также сформулированные в диссертации выводы и предложения, как результаты исследования, являются новыми.

Во введении поставлен вопрос об актуальности темы исследования, раскрыта степень разработанности темы, конкретизированы объект и предмет исследования, определена цель и поставлены задачи исследования, указаны научная новизна и практическая значимость работы, приведены использованные методы исследования, доказана достоверность результатов и показана степень их апробации.

Первый раздел работы посвящен обзору литературных источников по теме исследования и анализу программных комплексов, применяющихся для решения задач железнодорожной динамики. Проведённый обзор показал, что для решения задач железнодорожной динамики в последнее время всё чаще

прибегают к методу математического и компьютерного моделирования. В качестве среды создания компьютерной модели была выбрана среда программирования Embarcadero C++ Builder, поскольку она не имеет недостатков готовых коммерческих программных продуктов и прошла апробацию в работах отечественных учёных, специализирующихся на исследованиях динамики вагона. На основании проведенного анализа в первом разделе была сформулирована цель диссертационной работы: улучшение безопасности движения грузовых поездов при переходных режимах движения путём снижения вероятности выжимания порожних и малозагруженных вагонов под действием продольных сил.

Во втором разделе выполнено формирование математической модели исследуемого процесса. Созданная модель обладает рядом особенностей, к числу которых относится учёт неровностей пути через функцию возмущений, учёт скорости распространения тормозной волны по длине состава и характера наполнения тормозных цилиндров, наличие функции градиента, учитывающей уклон профиля пути. На основе созданной математической модели была сформирована система дифференциальных уравнений. Полученная система является нелинейной, поскольку в её уравнения входят параметры, задаваемые посредством наборов условий и вследствие этого имеющие разрывы. Для интегрирования такой системы необходим численный метод, в качестве которого выбран метод Эйлера. Обоснование выбора данного метода основано на удобстве использования при достаточно высокой точности и скорости расчёта. Выбранный метод прошёл верификацию и пригоден для решения задач данного класса.

В третьем разделе выполнена работа по формированию программного продукта в среде Embarcadero C++ Builder. Составлен алгоритм работы главной функции программы, отвечающей за ввод исходных данных, интегрирование процесса по времени и вывод результатов. Отдельно приводятся алгоритмы моделирования поглощающего аппарата, один из которых построен на основе кусочно-линейной аппроксимации экспериментальной силовой характеристики ряда аппаратов, в то время как другой учитывает физическую природу процесса гашения энергии в поглощающем аппарате. В итоговую программу включены модели десяти поглощающих аппаратов различных типов и классов. Также в разделе приводится общий вид окон программы, описаны паттерны взаимодействия пользователя с ними, указаны библиотечные компоненты среды, использованные при проектировании.

В четвертом разделе приводится описание, методика и результаты эксперимента, проведенного с помощью лабораторного оборудования

кафедры, где выполнялась работа, с целью подтверждения гипотезы о влиянии числа грузовых воздухораспределителей состава на скорость распространения тормозной волны по его длине. Выполненный лабораторный эксперимент подтвердил выдвинутую гипотезу, было отмечено увеличение скорости распространения тормозной волны на 20 % для торможения служебным темпом и на 23 % для торможения экстренным темпом. Достоверность полученных результатов подтверждается исследованиями отечественных учёных. Полученные поправки к скорости распространения тормозной волны были учтены в ранее созданной компьютерной программе. На основании эксперимента в работе был предложен перспективный вариант конфигурации тормозной системы грузового вагона, предполагающий установку двух воздухораспределителей на вагон.

В пятом разделе приведена методика и результаты опытов имитационного моделирования процесса торможения составов грузовых вагонов двух конфигураций при штатных и экстремальных условиях. Было установлено, что межвагонные реакции, возникающие при торможении состава длиннобазных платформ в штатных условиях, сильнее зависят от скорости распространения тормозной волны, чем реакции, возникающие при торможении состава полувагонов в тех же условиях. При помощи расчётных схем и нормативной документации в разделе определены граничные значения составляющих межвагонной реакции, превышение которых с высокой долей вероятности приведет к аварии. Испытания торможения составов при неблагоприятных условиях свидетельствуют о том, что применение перспективного варианта тормозной системы способно предотвратить аварию при неблагоприятных условиях торможения, а также значительно снижает уровни межвагонных реакции при торможении, оказывая положительный эффект на долговечность конструкции. На основе схемы механизма выжимания кузова вагона приведён расчёт увеличенной критической вертикальной силы, полученной из условия наличия полужесткой связи кузова и тележки. В работе отмечено, что на практике связь кузова и тележки можно создать путем использования замковых шкворней в конструкции грузового вагона или посредством применения скоб на боковых балках рамы вагона.

В заключении изложены основные научные результаты работы и представлен перечень практических рекомендаций по улучшению безопасности движения порожних и малозагруженных вагонов в грузовых поездах.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и теме диссертации

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности в следующих пунктах: п.5 Подвижной состав, тормозное оборудование и устройства электроснабжения нового поколения, повышающие безопасность движения поездов и пропускную способность железных дорог, п.7 Тяговые и тормозные расчёты. Тяговые и тормозные качества подвижного состава. Обеспечение безопасности движения подвижного состава, п.15 Разработка методов компьютерного моделирования и автоматизации конструирования и проектирования подвижного состава и устройств электроснабжения. Испытания подвижного состава.

Соответствие автореферата диссертации её содержанию

Содержание автореферата соответствует теме диссертации. В автореферате отражены основные положения диссертации, приведены выводы и результаты исследования.

Личный вклад соискателя в получении результатов исследования

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в формировании и конкретизации цели исследования и разделения её на задачи, разработке математической модели, выборе среды для её программной реализации, создании и отладке компьютерной программы, проведении лабораторных испытаний, выполнении серий экспериментов численного моделирования и анализе их результатов.

Степень достоверности результатов исследования

Достоверность подтверждается тем, что лабораторные эксперименты были выполнены с применением аттестованного оборудования, формирование математической модели выполнено в согласии с классическим алгоритмом математического моделирования, компьютерное моделирование проводилось при помощи широко используемых в инженерной практике программных комплексов, полученные результаты подтверждаются результатами исследований российских и зарубежных учёных.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором диссертации результатов

Теоретическая значимость заключается в создании модели движения вагона по переломному профилю под действием продольных сил, учитывающей переходные режимы движения и уклон пути и анализе

механизма выжимания кузова вагона с указанием диапазона значений, выход за пределы которого характеризуется возникновением аварии.

Практическая значимость заключена в созданной программе, которая может быть использована для анализа безопасности движения грузового поезда в различных условиях с целью отладки и корректировки конструкций новых типов грузовых вагонов на этапе предварительных испытаний, а также в предлагаемом автором перечне рекомендаций, содержащем особую схему компоновки тормозного оборудования грузового вагона и вариант полужёсткого закрепления кузова длиннобазной платформы.

Новизна полученных результатов

Научная новизна работы отражена в следующих положениях:

1. Выдвинута и подтверждена научная гипотеза о влиянии числа воздухораспределителей состава на скорость распространения тормозной волны. Результаты проведённого натурального эксперимента, подтвердившего гипотезу, включены в программу имитационного моделирования процесса динамического воздействия грузовых вагонов в пути следования.

2. Выполнено моделирование торможения составов грузовых вагонов на участках пути с переломным профилем. Результаты моделирования свидетельствуют о необходимости совершенствования тормозной системы длиннобазных контейнерных платформ.

3. Проведено исследование влияния применения системы электропневматического тормоза на продольную динамику грузовых поездов при торможении. Результаты свидетельствуют об актуальности разработки и внедрения такой системы, практическая реализация которой значительно улучшит безопасность движения грузовых поездов.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Полученные в диссертации результаты имеют важное практическое значение при решении задач, направленных на повышение безопасности движения грузовых вагонов различных типов. Особенно актуальны полученные результаты для конструкции длиннобазных платформ и могут быть рекомендованы для широкого применения при проектировании таких вагонов.

Замечания по диссертационной работе

1. В 1 разделе в математической модели взаимодействия вагона и пути не учитывается жёсткость пути, что могло оказать влияние на результаты расчета.

2. В 4 разделе диссертации приводится система уравнений Навье-Стокса, с указанием возможности её использования для моделирования истечения воздуха из тормозной магистрали при торможении, однако реализации самой модели в работе нет и помещение отмеченной системы в диссертацию является неоправданным.

3. В 5 разделе в опытах численного моделирования рассчитываются максимальные уровни ускорений, возникшие в конструкции, однако полученные значения не учитываются при оценке опасности выжимания вагона, при этом нормативной документации установлены граничные уровни вертикальных и продольных ускорений.

4. Во 2 разделе для моделирования процесса тяги используется эмпирическая функция в единственном варианте, при этом неизвестно какому локомотиву она соответствует.

В целом указанные замечания не снижают научной и практической ценности работы.

Заключение по диссертации о соответствии её требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» по пунктам 9 и 10.

Диссертация Сергеева Ивана Константиновича на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения по повышению безопасности движения порожних и малозагруженных вагонов в грузовых поездах, имеющие существенное значение для развития страны, что соответствует требованиям пункта 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 (далее - Положение).

Диссертация Сергеева И.К. выполнена самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения (согласно требованиям пункта 10 Положения).

Работа написана научным языком, с применением терминов, характерных для области проведенных исследований. В диссертации приведены исходные данные, пояснения, рисунки, графики и примеры в

достаточном количестве. Для каждого раздела диссертации сделаны выводы, а для всей работы дано общее заключение.

В диссертации Сергеева И.К. имеются ссылки на работы других авторов, источники заимствования материалов и отдельных результатов, а также ссылки на научные работы, выполненные в соавторстве (в соответствии с требованиями пункта 14 Положения).

Диссертация отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Сергеев Иван Константинович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.3. Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

Заключение рассмотрено на совместном заседании отделов «Кузовов и компонентов железнодорожной техники» и «Исследования ходовых частей и тормоза», протокол № 4 от 26.12.2022 г.

Заключение составили:

Гончаров Дмитрий Игоревич,
начальник отдела «Кузовов и компонентов
железнодорожной техники» АО НО «ТИВ»,
кандидат технических наук (специальность по
диссертации: 05.22.07 – Подвижной состав
железных дорог, тяга поездов и электрификация)



Зайцев Андрей Валентинович,
начальник отдела «Исследования ходовых частей
и тормоза» АО НО «ТИВ»



Акционерное общество Научная организация «Тверской институт вагоностроения»
(АО НО «ТИВ»); 170003, Тверская область, г. Тверь, ш. Петербургское, 45-г;
телефон: +7 (4822)55-91-41; эл. почта: info@tiv.ru.

*Заверяю подписи Гончарова Д.И. и Зайцева А.В.
сменой мер по персоналию Морозова О.М. Маф*



26.12.2022