

АННОТАЦИЯ

к диссертационной работе на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071300 – «Транспорт, транспортная техника и технологии»

Карпов Александр Павлович

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЭКИПАЖНОЙ ЧАСТИ ТЕПЛОВОЗА СЕРИИ ТЭ33А ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Оценка современного состояния решаемой научной или научно-технологической проблемы.

Железнодорожное машиностроение является одной из основных стратегически важных составляющих железнодорожного транспорта Республики Казахстан, осуществляющий производство и выпуск грузового и пассажирского подвижного состава. За все годы независимости Республики Казахстан железнодорожное машиностроение претерпело большие изменения, в том числе в плане обновления и модернизации локомотивного парка.

Протяженность эксплуатационной длины железнодорожных линий Республики Казахстан на начало 2021 г. составила 16063 км, из которых электрифицировано 26,4%, доля двухпутных линий – 31,4%. Основная часть перевозок приходится на не электрифицированные участки железных дорог, где используют в качестве локомотивов – тепловозы. На начало 2022 года в республике было зарегистрировано 1 846 локомотивов, в том числе 1 228 (67%) тепловозов. Семь из десяти локомотивов, имевшихся в наличии на начало текущего года, считались изношенными. Об этом сообщается в разработанной министерством индустрии и инфраструктурного развития концепции транспортно-логистического потенциала Казахстана до 2030 года, представленной для публичного обсуждения.

Соответствие темы направлениям развития науки или государственным программам. Диссертационная работа выполнена в рамках научно-исследовательской работы: Совершенствование конструкции упругих элементов экипажной части тепловоза серии ТЭ33А для улучшения динамических показателей.

Актуальность темы. Тепловозы серии ТЭ33А (Evolution) отечественного производства «Локомотив Құрастыру Зауыты» (г. Астана) широко используются в железнодорожной инфраструктуре Казахстана, перевозке больших грузовых и пассажирских составов. Из них около 400 единиц (более 32%) выпущены за последние 5-10 лет. Следовательно, с учетом того, что указанные тепловозы имеют срок службы около 40 лет, и в дальнейшем парк локомотивов будет пополняться тепловозами

отечественного производства данной серии, то ремонт и обслуживание подвижного состава в РК будет преимущественно переключаться на них.

Эксплуатируемые тепловозы серии ТЭ33А отвечают всем требованиям по эксплуатации на железнодорожном транспорте, тем не менее, имеют ряд недостатков, связанных с конструкцией экипажной части локомотива. А именно, конструктивно экипажная часть тепловоза выполнена по унифицированной технологии в виде использования сбалансированного рессорного подвешивания индивидуально для каждой оси, состоящих из винтовых пружин и гидравлических гасителей колебаний с применением челюстных букс, что вызывают частые поломки, приводящие к ремонту железнодорожного подвижного состава.

Для повышения эксплуатационных показателей требуется, чтобы экипажная часть подвижного состава могла бы выдержать осевую нагрузку до 25 т/с, и обеспечить надежность узлов и деталей при минимальном техническом обслуживании до 1 миллиона километров со скоростями движения до 120 км/ч. Другими словами, актуальность выбранной тематики, прежде всего, связано с экономическим аспектом: улучшение динамических показателей тепловоза может увеличить скорости движения, а также снижению расхода топлива и износа деталей и механизмов, что приведёт к сокращению эксплуатационных расходов и повышению производительности в железнодорожной отрасли.

Улучшение ходовых качеств локомотивов для увеличения скоростей движения повышает требования к применению в их конструкции высокого качества узлов и деталей, для того чтобы уменьшить их износ при эксплуатации. Особое внимание нужно уделить к ходовым элементам рессорного подвешивания тележек, это является одним из важнейших частей подвижного состава обеспечивающее безопасность движения на железной дороге.

Одним из перспективных направлений в области подвешивания железнодорожных экипажей является применение пневматической системы подвешивания. Пневматическая рессора (пневморессора, пневмоподушка, пневмобаллон) – упругий элемент пневматической подвески транспортных средств, располагающийся между колесной осью и рамой/кузовом транспорта. Преимущества данной концепции заключаются в возможности эффективного увеличения статического прогиба с использованием простых средств, а также в способности обеспечивать демпфирование колебаний. Кроме того, предоставляется опция автоматического регулирования количества воздуха в элементе, что позволяет поддерживать постоянный статический прогиб подвешивания при различных нагрузках, при этом изменяя жесткость в широком диапазоне. Значительным преимуществом является также исключение металлического контакта между ходовыми частями и кузовом, что приводит к отсутствию передачи вибраций и шума от взаимодействия с рельсовым путем на кузов. Таким образом, исследования, направленные на разработку методов и технологии применения пневморессор в ходовой части тепловозов ТЭ33А с целью повышения их

динамических показателей, таких как эффективность движения, устойчивость к нагрузкам, снижение вибраций и увеличение комфорта пассажиров, имеют прямой экономический интерес для железнодорожных компаний и государства в целом.

Цели и задачи теоретического и экспериментального исследования сформулированы на комплексном анализе современных средств и методов повышения диссипативной способности пневмоподвешивания обрессоренных масс тягового подвижного состава.

Цель и задачи исследования.

Целью работы является разработка конструкции и технологии изготовления упругих элементов рессорного подвешивания тепловоза серии ТЭ33А, способствующих улучшению динамических характеристик для повышения производительности и безопасности его эксплуатации.

Для достижения поставленной цели определены следующие **задачи исследования:**

- провести анализ существующих способов пневматического рессорного подвешивания в локомотивах для выявления их преимуществ и недостатков;

- провести измерения и численное моделирование динамических характеристик тепловоза с текущими упругими элементами для определения областей, требующих улучшения;

- на основе анализа и оценки разработать улучшенные конструкции упругих элементов, способствующих более эффективному подвешиванию и снижению вибраций;

- изучить технологические аспекты изготовления новых упругих элементов, включая выбор материалов и методы обработки;

- провести лабораторные и полевые испытания новых упругих элементов для проверки их эффективности и соответствия требованиям безопасности;

- проанализировать экономические аспекты внедрения новых конструкций и технологий, включая затраты на производство и потенциальные экономии.

Объект исследования. Объектом диссертационного исследования является конструкция экипажной части тепловоза серии ТЭ33А (Evolution), а именно механизмы и узлы упругих элементов и их компоненты.

Предметом диссертационной работы является конструкция и свойства упругих элементов экипажной части тепловоза серии ТЭ33А и их влияние на динамические показатели движения.

Методы исследования. Теоретические и экспериментальные исследования проводились посредством различных общенаучных и специальных методов. Для проведения теоретических исследований были задействованы основные принципы фундаментальных и прикладных наук, таких как теория упругости, теоретическая механика и математическое моделирование. Эти принципы применялись для оценки динамических

процессов в механизмах и узлах транспортных средств, а также для изучения взаимодействия подвижного состава с железнодорожным путем. В рамках экспериментальных исследований было использовано моделирование процессов пневморессор и пружин для измерения сил с целью определения ходовых качеств тепловоза в динамике. Полученные результаты обрабатывались с применением методов математической статистики.

Информационная база исследования. При написании диссертационного исследования был использован обширный круг источников литературы связанных с вопросами исследования и применения пневмоподвешивания на транспорте. Данной тематике посвящены многочисленные работы видных отечественных и зарубежных ученых, таких как: Кузнецов А.В., Куценко С.М., Лапин А.Х., Пахомов М.П., Галиев И.И., Певзнер Я.М., Равкин Г.О., Савушкин С.С., Филиппов В.В., Каспакбаев К.С., Акопян Р.А., Бидерман В.Л., Виташевский Е.П., Галашин В.А., Горелик А.М., Кофман, Джарвис, Кайзерлинг, Шмюкер, Фалбух, Хофер, Брюха, Масахару Куниёда, Матсудайры и многие другие.

Степень научной разработанности проблемы. Несмотря на обширный объем литературы в данной области, включая как фундаментальные, так и прикладные исследования, новые локомотивы не всегда соответствуют современным требованиям к динамике, надежности в эксплуатации и воздействию на железнодорожный путь. С ростом осевых нагрузок и увеличением скоростей движения данная проблема приобретает большее значение. Поэтому целесообразно провести дополнительные теоретические и экспериментальные исследования с целью разработки современных ходовых частей транспортных средств, обеспечивающих достижение высоких динамических и надежных показателей в условиях эксплуатации, сравнимых с текущими стандартами.

Основные положения, выносимые на защиту. На основании полученных результатов исследования сформулированы следующие научные положения диссертации:

– проведены измерения и численное моделирование динамических характеристик тепловоза с текущими упругими элементами, позволяющие определить конкретные области, требующие улучшения, и даны количественные оценки этих изменений. Показано, что существующие упругие элементы не обеспечивают достаточной жесткости и амортизации, что приводит к повышению вибраций, износу деталей и узлов локомотива;

– разработаны новые конструкции упругих элементов, способствующие более эффективному подвешиванию экипажной части тепловоза и снижению вибраций, что обеспечивает улучшение динамических характеристик тепловоза в целом. Предложено сбалансированное комбинированное пневмопружинное устройство, состоящее из винтовой пружины и пневморессоры, обладающее синергическим эффектом, обеспечивающее высокую жесткость, амортизацию и износостойкость. Также предложен альтернативный вариант – комбинированные упругие

элементы, состоящие из полимерной оболочки и профилированных металлических элементов;

– исследованы технологические аспекты выбора материалов и методов обработки для производства винтовых пружин в комбинированных упругих элементах. Установлена технология производства пружин горячей деформации, основанные на методах навивки в горячем состоянии, термической и гидropескоструйной обработки. Показано, что эти технологии позволяют получать высококачественные изделия с заданными геометрическими параметрами и механическими свойствами;

– проведены лабораторные испытания новых упругих элементов, результаты которых подтверждают их эффективность и соответствие требованиям безопасности. Выявлено, что новые упругие элементы обладают более высокой жесткостью и амортизацией по сравнению с текущими, что приводит к снижению вибраций, увеличению скорости движения на 5-10% и повышению комфорта и безопасности движения;

– проведена экономическая оценка внедрения новых конструкций и технологий производства комбинированных упругих элементов. Определены потенциальные экономические выгоды и затраты на производство. Показано, что внедрение новых упругих элементов приводит к снижению расходов на топливо, ремонт и обслуживание тепловозов, а также к увеличению прибыли от перевозок.

Научная новизна исследования:

- проведен комплексный анализ работ по применению упругих элементов, в т.ч. пневматических, которые используют на железнодорожном подвижном составе;

- разработаны новые конструкции устройств пневмоподвешивания локомотива (получен 1 патент на изобретение, на вторую подана заявка);

- установлена взаимосвязь между динамическими характеристиками локомотива и характеристиками пневматической системы подвески. На основе полученных результатов разработана интегрированная пневмопружинная система подвески локомотива с параметрами, предложенными в данном научном исследовании.

Теоретическая и практическая значимость.

Теоретические исследования и методика расчета, а также технологии изготовления деталей комбинированных пневматических рессор могут быть использованы для создания конструкции упругих элементов при подвешивании подвижного состава, в т.ч. для локомотивов и вагонов.

Структуры, состоящие из комбинированных пневматических рессор для вторичного подвешивания локомотивов, обладают практической значимостью. Всё это обусловлено тем, что пневматическая подвеска тележек локомотива выполняет функцию амортизации как вертикальных, так и горизонтальных колебаний кузова. Это в свою очередь, способствует улучшению характеристик движения локомотива и обеспечивает высокие динамические показатели взаимодействия экипажа с железнодорожным полотном в различных условиях.

Личный вклад соискателя. Основные выводы, представляемые на рассмотрение в данной диссертации, были тщательно анализированы и представлены автором исследования. Среди них выделяются результаты теоретических и практических исследований, проведенных в рамках деятельности компании АО НК «КТЖ» за отчетный период. В работе также освещены устройства, принципы функционирования и конструкции механизмов и узлов подвижного состава, включая подробные технические характеристики каждого элемента. Этот анализ основывается на собственных исследованиях автора, представляя собой оригинальный вклад в понимание темы.

Апробация и внедрение результатов исследования: Рекомендации, представленные на основании теоретических исследований, внедрены в конструкцию пневматического подвешивания при модернизации тепловоза ТЭЗ3А на предприятиях АО «НК КТЖ», материалы исследования успешно интегрированы в учебный процесс на кафедре «Транспортная техника, машиностроение и стандартизация» Международного транспортно-гуманитарного университета, предназначенные для обучения по дисциплинам: «Теория и конструкция локомотива» и «Тепловозы». Основные тезисы диссертации были представлены на научно-практической конференции и на семинаре научно-технического совета Международного транспортно-гуманитарного университета.

Публикации: По теме диссертации опубликовано двадцать работ. Из них 3 статьи из базы данных Scopus, 3 статьи в сборниках международных научно-практических конференций, 13 статей в изданиях рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МНиВО РК и 1 патент на изобретение.

Вклад диссертанта в подготовку публикаций.

Составление планов статей, написание разделов, обсуждение результатов исследований и заключений, оформление статей:

- 1 Обеспечение дополнительной устойчивости локомотива.
- 2 Применение системы Клуб-У на современных локомотивах.

Подбор материалов для обзора, написание обзора и введения, написание отдельных разделов и их результатов, оформление статей:

- 3 Вопросы улучшения динамических характеристик тягового подвижного состава
4. Применение кранов машиниста электронного типа
- 5 Важнейшее условие достижения ритмичности в пропуске поездов – организация труда и отдыха локомотивных бригад
- 6 Mathematical and computer models in estimation of dynamic processes of vehicles.
- 7 Формирование состава на железнодорожном пути с различной колеей.
- 8 Патент №34467- Пневмоподвешивание локомотива.
- 9 Влияние рессорного подвешивания локомотива на износ колесной пары

- 10 Перспективы улучшения горизонтальной динамики локомотива
- 11 Конструктивные особенности резино-кордных упругих элементов
- 12 Расстройство железнодорожного пути при воздействии подвижного состава
- 13 Перспектива улучшения пропуски контейнерных поездов
- 14 Применение двигателей, работающих на воде.
- 15 Станция Достық в роли логистического оператора международных перевозок
- 16 Модернизация локомотива с целью улучшения его динамических характеристик
- 17 Перспективы внедрения высокоскоростного движения в Казахстане
- 18 Оптимизация технико-технологических параметров работы станции и параметров грузовых поездов.
- 19 Adaptive frame of universal vehicle course.
- 20 Design of adaptive suspension for universal vehicle course

Структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, заключения, изложенных на 131 страницах, содержит 65 рисунков, 14 таблиц, 84 использованных источников и приложений.