



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**РОССИЙСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА
РУТ (МИИТ)**

ул. Образцова, д. 9, стр. 9, Москва, ГСП-4, 127994
Тел./факс: (495) 681-13-40, e-mail: info@rut-miit.ru
ИНН/КПП 7715027733/771501001
ОГРН 1027739733922

№ _____
На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ
Проректор РУТ (МИИТ)
д.т.н., профессор,
член-корреспондент РАН

И.Н. Розенберг

2023 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта» РУТ (МИИТ) на диссертацию Коновалова Павла Юрьевича «Совершенствование пневматических систем пескоподачи локомотивов и улучшение их эксплуатационных показателей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.3. Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация

1. Оценка структуры и объема диссертационной работы

Диссертация Коновалова Павла Юрьевича на тему «Совершенствование пневматических систем пескоподачи локомотивов и улучшение их эксплуатационных показателей» состоит из введения, пяти глав, общих выводов и рекомендаций, списка использованных источников из 249 наименований и шести приложений. Работа изложена на 228 страницах основного текста, содержит 98 рисунков и 16 таблиц.

Таким образом, объем и структура диссертационной работы соответствует общепринятым требованиям.

2. Актуальность темы исследования

В настоящее время значительно возросла системообразующая роль транспорта и взаимосвязь задач его развития и приоритетов в социально-экономических преобразованиях страны. Задачи, поставленные железнодорожной отрасли по увеличению скорости перемещения поездов как

в пассажирском, так и грузовом движении повышает требования к подвижному составу, такие как повышение технических показателей и эксплуатационной надежности и безотказности тяговых единиц. Особенно важным становится автоматизация диагностических комплексов и систем управления локомотивов, что позволяет повысить эксплуатационные показатели, сократив время простоя в депо и повысив их тяговые свойства за счет повышения мощности. При этом возникает острая необходимость уделять особое внимание вопросам сцепления движущих колес с рельсами, так как повышается вероятность их относительного проскальзывания в эксплуатации, что приводит к возникновению таких негативных явлений как буксование в режиме тяги и юз при торможении. В настоящее время самым распространенным способом повышения и стабилизации коэффициента трения в зоне контакта колес с рельсами является подача частиц повышенной твердости в струе сжатого воздуха, на Российских железных дорогах – кварцевый песок. Однако штатные системы пескоподачи, по-прежнему имеют низкую эксплуатационную надежность из-за недостатков таких как: фиксированная сезонная регулировка расхода песка; применение импульсного регулирования подачи с различной скважностью импульсов; склонность к саморазрегулированию применяемых форсунок песочниц и избыточной неконтролируемой подаче песка; низкую скорость истечения песковоздушной смеси, что приводит к выдуванию частиц песка боковым потоком ветра в процессе транспортировки из выходного сечения подсыпного рукава в зону сцепления колес с рельсами.

Поэтому реализация мероприятий и технических решений, направленных на усовершенствование пескоподающих систем локомотивов и повышение их эксплуатационных показателей, путем снижения вероятности проявления отказов и устранения недостатков и негативных конструктивных особенностей штатных систем, на сегодняшний день являются актуальной задачей.

3. Цели и задач и исследования

Целями исследования являются совершенствование основных элементов систем пескоподачи локомотивов для плавного непрерывного дозирования количества песка и улучшение их эксплуатационных показателей.

Для реализации поставленных целей решаются следующие задачи:

1. Установить закономерности и степень влияния эксплуатационных факторов на величину сцепления и эффективность повышения и стабилизации величины коэффициента трения в зоне сцепления движущих

колес с рельсами в различных условиях нагруженности тягового подвижного состава по сцеплению.

2. Создать трехмерные твердотельные модели основных элементов систем пескоподачи и реализовать вычислительные эксперименты с целью исследования газодинамических процессов при реализации пескоподачи.

3. Определить универсальную схему расположения подсыпного рукава относительно поверхностей головки рельса и бандажа колесной пары с наибольшей эффективностью процесса пескоподачи.

4. Разработать методику инженерных расчетов, направленных на увеличение скорости истечения песковоздушной смеси при сокращении расхода сжатого воздуха по сравнению со штатными системами для обеспечения транспортировки частиц кварцевого песка устойчивой к сдуванию боковым ветром величиной до 20 м/с.

5. Спроектировать и реализовать технические решения мероприятий плавного непрерывного регулирования дозирования количества песка из корпуса форсунки песочницы с учетом фактических условий эксплуатации поезда.

6. Построить модель управления плавным непрерывным дозированием количества песка и проверить адекватность применения алгоритмов нечеткой логики с применением самообучающихся генетических алгоритмов

7. Разработать усовершенствованную пневматическую систему пескоподачи тягового подвижного состава с улучшенными эксплуатационными показателями.

Анализируя содержание диссертации, можно сказать, что цель автором достигнута.

4. Новизна полученных результатов

Научная новизна исследования заключается в следующем:

1. Впервые предложена классификация систем пескоподачи локомотивов на основе анализа пескоподающих систем тягового подвижного состава.

2. Разработана имитационная трехмерная модель пневматической системы пескоподачи с учетом влияния эксплуатационных показателей и воздействия внешней среды. С помощью которой проведен вычислительный эксперимент и определены эффективные угол наклона подсыпного рукава и скорость истечения песковоздушной смеси для реализации процесса пескоподачи с наибольшей эффективностью при сокращении потерь частиц кварцевого песка в процессе транспортировки в зону сцепления колес с рельсами, даже при воздействии бокового ветра силой до 20 м/с.

3. Усовершенствована математическая модель движения поезда с учетом возможности плавного непрерывного регулирования количества песка на основе алгоритмов «нечеткой логики» в зависимости от фактических условий эксплуатации и нагруженности по сцеплению локомотива; определен диапазон рекомендуемого расхода количества песка на погонный метр пути в зависимости от различных факторов с целью повышения и стабилизации сцепных свойств тягового подвижного состава, а также аналитически определена эффективность пескоподачи.

4. Предложена и на основе экспериментальных исследований подтверждена эффективность усовершенствованной системы пескоподачи с эффектом виброожижения слоя частиц кварцевого песка для плавного непрерывного дозирования его количества из корпуса форсунки песочницы за счет изменения частоты вибрационного воздействия через латексную мембрану поршнем пневматического пульсатора в зависимости от давления сжатого воздуха, подводимого к пневмоприводу, при увеличенной скорости истечения песковоздушной смеси для обеспечения ее устойчивого истечения из выходного сечения подсыпного рукава путем эжекции дополнительного объема воздуха через газовоздушный инжектор, установленный перед форсункой песочницы, с возможностью реализации продувки пескопровода из-за обеспечения отдельного независимого питания пневмовибропривода форсунки и газоструйного аппарата.

Полученные результаты являются новыми.

5. Методология и методы исследования

Методы и методология исследования базируются на методах планирования эксперимента, основных положениях теории вибрационной механики и реологии, а также расчета затопленного двухфазного течения турбулентных струй в спутном и поперечном потоках. В модель управления дозированием количества песка интегрированы алгоритмы нечеткой логики с применением синтеза правил нечеткой логики и глобальной оптимизации входных и выходных функции принадлежности на самообучающихся генетических алгоритмах. Теоретические результаты подвергались экспериментальной проверке и дальнейшей математической обработке полученных данных.

6. Степень достоверности результатов исследования

Степень достоверности результатов подтверждается корректностью принятых допущений при компьютерном моделировании с применением современных программных средств и вычислительных алгоритмов, а сходимость экспериментальных и теоретических данных указывает на достоверность представленных результатов.

7. Теоретическая и практическая значимость результатов, полученных автором диссертационного исследования

Технические решения работы по совершенствованию систем пескоподачи локомотивов расширяют функциональные возможности и улучшают эксплуатационные показатели, а также повышают надежность основных элементов и системы в целом, что позволит повысить величину сцепления колес локомотивов с рельсами при сокращении расхода количества сжатого воздуха и подаче необходимого количества песка в широком диапазоне скоростей движения подвижного состава, особенно при низких величинах скоростей менее 30 км/ч до нуля при торможении с возможностью реализации пескоподачи для сокращения тормозного пути без наступления негативного избыточного проскальзывания до полной остановки поезда, а также при трогании с места в режиме тяги.

Разработаны и экспериментально подтверждены инженерные решения по модернизации систем пескоподачи серийных локомотивов для реализации плавного непрерывного регулирования расхода количества песка из корпуса форсунки песочницы посредством установки дросселирующего устройства с сервоприводом при повышении эксплуатационных показателей и надежности штатных форсунок песочниц путем замены регулировочного винта игольчатого типа на винт, оборудованный набором жиклеров с калиброванными отверстиями, рассчитанными на различный максимальный расход песка.

Произведены инженерные расчеты газовоздушного инжектора для увеличения скорости истечения песковоздушной смеси более 40 м/с за счет инъекции дополнительного объема воздуха при сокращенном расходе сжатого воздуха из питательной пневматической магистрали локомотивов по сравнению со штатными системами пескоподачи.

Спроектирована и разработана усовершенствованная система пескоподачи на основе эффекта виброожижения слоя частиц кварцевого песка для реализации плавного непрерывного дозирования количества песка за счет изменения частоты, амплитуды и величины возмущающего ударного воздействия на слой сыпучего материала в корпусе форсунки песочницы, а также экспериментально подтверждена устойчивость работы при внешнем вибрационном воздействии, которое имитирует колебания рельсового экипажа.

Предлагаемые мероприятия могут быть использованы при проектировании новых серий тягового подвижного состава, а также при модернизации и капитальном ремонте эксплуатируемого тягового подвижного состава различного типа и назначения.

8. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Предложенные технические решения по совершенствованию систем пескоподачи способствуют улучшению эксплуатационных показателей основных пескоподающих устройств и системы в целом, а также положительно сказываются на повышении эффективности применения кварцевого песка для увеличения и стабилизации величины сцепления движущих колес с рельсами при сокращении расхода сжатого воздуха из пневматической питательной магистрали локомотива.

Плавное непрерывное регулирование количества песка из корпуса форсунки песочницы на основе алгоритмов «нечеткой логики» с применением такого физического явления, как виброожижение слоя частиц кварцевого песка, при дальнейших исследованиях имеет перспективу расширения функциональных возможностей алгоритмов управления при оборудовании подвижного состава комплексом датчиков для прогнозирования величины статического коэффициента трения на поверхности рельсов с учетом фактических условий эксплуатации, а также обладает потенциалом, направленным на оптимизацию конструкции пневматического привода вибропульсатора для его разработки и проектирования с техническими характеристиками, такими как частота и сила вибрационного воздействия на слой сыпучего материала, учитывающими требования, предъявляемые к расходу количества песка пескоподающими системами при динамично меняющихся условиях нагруженности по сцеплению и специфике локомотивов различного типа и назначения в режимах тяги и торможения.

9. Личный вклад соискателя в получении результатов исследования

Диссертационная работа является результатом обобщения исследований выполненных непосредственно автором.

Личный вклад автора состоит: в анализе отечественного и зарубежного многолетнего опыта реализации технических решений и алгоритмов управления в системах пескоподачи рельсового транспорта в зависимости от различных условий эксплуатации, обобщении полученных результатов путем классификации пескоподающих систем; разработке программ и методик лабораторных, стендовых и натурных испытаний, создании стендов и установок, участии в проведении испытаний и опытов, обработке и объяснении результатов исследований; постановке задач вычислительных экспериментов, определении начальных условий, выборе расчетных моделей, решении уравнений, формулировании и анализе результатов; предложении

идей технических решений, разработке моделей, алгоритмов реализации и вариантов конструкции.

10. Соответствие содержания диссертации заявленной паспорту научной специальности

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.9.3. Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация, а именно следующим пунктам:

пункту 4. – Совершенствование подвижного состава, включая тяговый привод и энергетические установки автономных локомотивов; тяговых и трансформаторных подстанций, тяговых сетей, включая накопители энергии, преобразователи, аппараты, устройства защиты системы тягового электроснабжения. Улучшение эксплуатационных показателей подвижного состава и устройств электроснабжения, канализация обратного тягового тока.

пункту 6. – Улучшение динамических и прочностных качеств подвижного состава. Взаимодействие подвижного состава и пути. Снижение износа элементов пути и ходовых частей подвижного состава. Повышение безопасности движения, обеспечение работоспособности ходовых частей подвижного состава.

пункту 7. – Тяговые и тормозные расчёты. Тяговые и тормозные качества подвижного состава. Обеспечение безопасности движения подвижного состава.

11. Соответствие автореферата диссертации ее содержанию

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации, а публикации отражают ее основные положения.

12. Оценка содержания работы

Содержание и структура работы соответствуют поставленным целям исследования, критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного и логичного изложения материалов исследования.

13. Публикации по теме диссертационного исследования

Результаты диссертационного исследования достаточно широко опубликованы 44 печатных работах, из них 10 – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 6 – в изданиях, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science.

14. Замечания по диссертационной работе

1. Не уточнено являются ли данные, приведенные в таблице 1.1 на стр. 25 и на рис. 1.4 на стр. 27, результатами обобщения данных таблиц 1.1 и представлением их в графическом виде.

2. При описании в классификации систем пескоподачи локомотивов различных конструкций форсунок песочниц, не указано какие из конструкций следует считать более перспективными.

3. К рис. 2.3 (б) на стр. 56 отсутствует описание представления данных на гистограмме, поэтому не ясно, что означает цветовое распределение рядов по размерам фракций песка.

4. В описании к рис. 3.1 приведен параметр «I – производительность форсунки», какой параметр по производительности форсунки здесь используется и какая размерность у данной физической величины.

5. В разделе 3.5 и 3.6 при описании предлагаемой системы пескоподачи с плавным непрерывным регулированием количества песка путем установки разработанного дросселирующего устройства с сервоприводом не указано с какой точностью возможно реализовать позиционирование шара с калибровочным отверстием при помощи датчика положения.

6. На стр. 145-146 приводится методика, рекомендованная Всемирной метеорологической организацией по определению увлажненности поверхности рельса для прогнозирования величины сцепления не описаны способы измерения необходимых параметров – влажность воздуха, температура воздуха и рельса.

7. Проводилось ли моделирование по определению эффективности пескоподачи для предотвращения избыточного проскальзывания при других исходных данных отличных от приведенных на рис. 4.14

Указанные замечания не снижают качества и ценности диссертации и не влияют на основные теоретические и практические результаты диссертационного исследования.

15. Заключение

Диссертация Коновалова Павла Юрьевича на тему «Совершенствование пневматических систем пескоподачи локомотивов и улучшение их эксплуатационных показателей» на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения по повышению эффективности пневматических систем пескоподачи локомотивов и улучшению их эксплуатационных показателей, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны.

Диссертация по своему содержанию, научному уровню и завершенности исследования соответствует критериям, установленным в пунктах 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24

сентября 2013 г. № 842, а ее автор Коновалов П.Ю. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.3. Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

Отзыв рассмотрен и одобрен по результатам обсуждения диссертации на заседании кафедры «Тяговый подвижной состав» РУТ (МИИТ) (протокол № 1 от 05.09.2023 г.).

Профессор кафедры
«Тяговый подвижной состав» РУТ (МИИТ),
доктор технических наук, доцент



Смирнов Валентин Петрович

Секретарь заседания, доцент кафедры
«Тяговый подвижной состав» РУТ (МИИТ),
кандидат технических наук, доцент



Баташов Сергей Иванович

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский университет транспорта» РУТ (МИИТ)

Адрес: 127994, г. Москва, ул. Образцова, д. 9, стр. 9

Телефон: +7(495)681-13-40

E-mail: info@rut-miit.ru