На правах рукописи

НИКИТИН Дмитрий Николаевич

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА КОЛЕСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВОВ С ТЕЛЕЖКАМИ ПОВОДКОВОГО ТИПА

Специальность 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга

поездов и электрификация

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Хабаровск – 2015

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном обра¬зовательном учреждении высшего профессионального образования «Даль¬невосточный государственный университет путей сообщения» (ДВГУПС) на кафедре «Локомотивы».

Научный руководитель:

Официальные оппоненты:

Ведущая организация:

НОВАЧУК Ярослав Антонович

кандидат технических наук, доцент

КИСЕЛЕВ Валентин Иванович

доктор технических наук, профессор кафедры «Электропоезда и локомотивы»

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ)» (ФГБОУ ВПО МГУПС)

ЯКУШЕВ Алексей Вячеславович

кандидат технических наук, доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство»

ФГБОУ ВПО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВПО ПГУПС)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВПО ИрГУПС), г. Иркутск

Защита состоится «17» февраля 2016 г. в 15.00 на заседании диссертаци-онного совета Д 218.008.05 на базе ФГБОУ ВПО «Петербургский государствен-ный университет путей сообщения Императора Александра I» по адресу: 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9. ауд. 5-407.

С диссертацией, авторефератом можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВПО ПГУПС (www.pgups.ru), на сайте Минобрнауки России (www.vak.ed.gov.ru).

Автореферат разослан «17 » декабря 2015 г.

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенный печатью организа-ции, просим направлять в адрес ученого совета университета.

Ученый секретарь диссертационного совет д.т.н., профессор

Кручек Виктор Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. На полигоне железных дорог ОАО «РЖД» в течение двух десятилетий отмечается повышенная интен-сивность изнашивания гребней колесных пар тягового подвижного состава (ТПС). Анализ опубликованных результатов исследований свидетельству¬ет, что задачи изнашивания гребней колес ТПС с челюстными тележками успешно решались в течение многих десятилетий, а ресурс бандажей пре¬вышал 800 тыс. км пробега.

На современных локомотивах преимущественное распространение получили тележки поводкового типа, которые имеют 4-х поводковую связь с буксами колесно-моторных блоков (КМБ).

Теоретическими исследованиями и эксплуатационной практикой до-казано, что в процессе эксплуатации нормативные параметры длины бук-совых поводков (БП) (320±0,2 мм) не сохраняются. Основной причиной нарушения длины поводков является разрушение резиновых элементов, чем обеспечивается ненормированное продольное перемещение буксовых узлов тепловозов в пределах (320±14 мм). В то же время, долговечность шарниров и оценка влияния их состояния на изнашивание бандажей ко¬лесных пар ТПС до настоящего времени остается мало изученными.

Степень разработанности проблемы. В решения многочисленных задач изнашивания гребней и бандажей колесных пар подвижного состава, а также рельсовой колеи, внесли неоценимый вклад известные отечествен¬ные и зарубежные ученые и изыскатели. Однако, отдельные научные обоснования явления изнашивания гребней и бандажей колесных пар ТПС имеют весьма противоречивые толкования. В публикациях К.И. Домбров-ского, В.Б. Медель, С.М. Андриевского, А.И. Беляева, Л.П. Мелентьева, авторы предполагают, что изнашивание гребней колес имеет некоторую комплексную зависимость с предполагаемыми конструктивными решени¬ями элементов оборудования экипажной части обобщенного подвижного

1

состава. Целенаправленный факторный анализ впервые был выполнен в работе А.Н. Теплякова. По результатам анализа установлено, что из ряда факторов главенствующим, определяющим изнашивание бандажей колес, является низкая долговечность обрезиненных шарниров буксовых повод¬ков. Однако в этой работе не предложены решения, способствующие по¬вышению долговечности шарниров буксовых поводков.

Целью диссертационной работы является повышение ресурса бан¬дажей колесных пар локомотивов путем замены резины в поводковых шарнирах конструкционным материалом, который обеспечивает их долго¬вечность и нормативную длину поводков в процессе эксплуатации.

Для достижения цели в диссертационной работе поставлены задачи:

1. изучить и систематизировать результаты опубликованных теоре-тических и экспериментальных исследований в области ресурса бандажей колес определяемого состоянием и типом тележек локомотивов;

2. систематизировать характерные неисправности буксовых повод-ков и их обрезиненных шарниров в условиях эксплуатации;

3. разработать комплексную математическую модель (КММ) много-звенной механической системы «тележка – буксовые поводки – буксовые узлы – гребни колесной пары – рельсовая колея», которая определяет трехмерное положение оси колесной пары в поводковой тележке локомо¬тива в зависимости от линейных параметров буксовых поводков;

4. предложить метод оптимального расчета параметров шарниров

буксового поводка на основе композиционного материала, физико-

механические свойства которого соответствуют условиям работы по пере¬

даче тяговых и тормозных усилий от КМБ к поводковой раме тележки;

5. выполнить экспериментальные исследования шарниров буксовых

поводков из резины и конструкционного материала;

6. разработать технологические средства (приспособление, инстру¬

мент, инструкция) для формирования шарниров буксовых поводков на ос-

2

нове композиционного материала и выполнить функционально-стоимостный анализ (ФСА) эффективности замены резиновых элементов в шарнирах буксовых поводков на композиционный материал. Научная новизна работы заключается в следующем:

1. разработана комплексная математическая модель многозвенной механической системы «тележка – буксовые поводки – буксовые узлы – гребни колесной пары – рельсовая колея», на основе которой выполнено трехмерное положение оси колесной пары в поводковой тележке локомо-тива и гребней колесной пары относительно рельсов в зависимости от со-стояния шарниров;

2. предложен метод оптимального расчета параметров шарниров буксового поводка на основе композиционных материалов, используя тео¬рию краевых задач вязкоупругости в напряжениях и деформациях с учетом реализуемых тяговых и тормозных силовых составляющих КМБ локомо¬тивов.

Практическая значимость работы:

1. разработаны конструкторские и технологические решения шар¬

нирных соединений, которые сохраняют нормативные геометрические па¬

раметры (320±0,2 мм) 8-ми шарниров (4-х БП) каждого КМБ в межре¬

монтный период, исключая перекос КП в раме тележки, что обеспечивает

повышение ресурса колесных пар локомотивов;

2. на основе метода оптимального расчета параметров шарниров БП

получен теоретический и практический опыт:

– обоснования и выбора физико-механических свойств компо-зиционного материала для работы в тяжело нагруженных шарнирах экипажной части;

– создания технологического процесса замены обрезиненных шарниров с меньшей себестоимостью в период текущих и средних деповских ремонтов.

3

3. предложен метод интегрального алгоритма коррекции ресурса бандажей, учитывающий характер их неисправностей (износ гребня, про-кат, ползун, температурные раковины), количество обточек и глубину ре-зания металла.

Объектом исследования являются шарниры буксовых поводков КМБ локомотива.

Предметом исследования являются средства и методы повышения работоспособности и долговечности буксовых поводков КМБ локомоти-вов.

Методы исследования. В процессе решения задач использованы методы: планирования экспериментов и математической статистики; ори-ентированной оценки пределов критических повреждений элементов бук-совых поводков, определяющих механику взаимодействия колес с рельса¬ми; математического и имитационного моделирования многозвенной ме¬ханической системы «тележка – буксовые поводки – буксовые узлы – гребни колесной пары – рельсовая колея».

Математическая модель взаимодействия колес с рельсами выполнена на классических законах теоретической механики. Расчет параметров бук¬сового поводка и полиамидных шарниров выполнен в постановке конечно-элементной осесимметричной модели с решением трехмерной динамиче¬ской нелинейной задачи. Для расчета конечно-элементной модели буксо¬вого поводка использовались элементы анализа «Static Structural» и «Explicit Dynamics» программы «Ansys 14.5. Workbench».

Основные положения и результаты работы, выносимые на за-щиту:

1. комплексная математическая модель многозвенной механической системы «тележка – буксовые поводки – буксовые узлы – гребни колесной пары – рельсовая колея», дополненная специализированной математиче¬ской подсистемой кинематики движения железнодорожного колеса, кото-4

рая позволяет идентифицировать положение буксовых узлов в поводковой тележке и характер взаимодействия профиля бандажа с рельсом, учитывая состояние шарниров;

2. метод оптимального расчета параметров шарниров буксовых по-водков на основе композиционных материалов с использованием теории краевых задач вязкоупругости в напряжениях и деформациях с учетом ре¬ализуемых силовых составляющих КМБ локомотивов.

Достоверность научных положений и результатов обоснована теоретически и подтверждена экспериментальными исследованиями:

1. имитационного моделирования положения оси КП в тележке и рельсовой колее, в сопоставлении с экспериментальными данными опыт-ных поездок, учитывая параметрическое состояние шарниров БП и других элементов экипажной части;

2. компьютерного моделирования деформации шарниров на основе композиционного материала с опытными данными, полученными при ис-следованиях на стенде, а также научно-обоснованной корректностью ма-тематических методов решаемых задач.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертаци¬онной работы доложены: на международных научно-практических конфе¬ренциях ученых транспортных вузов, инженерных работников и предста¬вителей академической науки, г. Хабаровск, ДВГУПС, 2007–2009 гг.; на всероссийских научно-практических конференциях с международным уча¬стием «Научно-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке», г. Хабаровск, ДВГУПС, 2011, 2013 гг.; на пятой международ¬ной научно-практической конференции, посвященной 40-летию начала строительства Байкало-Амурской магистрали «Транспортная инфраструк¬тура Сибирского региона», г. Иркутск, 2014 г.; на девятой научно-практической конференции «Безопасность движения поездов», г. Москва, 2008 г.; на краевых конкурсах молодых учёных и аспирантов, г. Хабаровск,

5

ТОГУ, 2009, 2010, 2012 гг.; на расширенном заседание кафедры «Локомо¬тивы» Дальневосточного государственного университета путей сообще¬ния, г. Хабаровск, 2014 г.; на расширенном заседание кафедры «Локомоти¬вы и локомотивное хозяйство» Петербургского государственного универ¬ситета путей сообщения, г. Санкт-Петербург, 2015 г.

Личный вклад соискателя. Автору принадлежит выполнение работ по математическому и компьютерному моделированию, проектированию и созданию лабораторных, опытно-эксплуатационных приспособлений и участие в выполнении экспериментов.

Публикации. Результаты исследований опубликованы в 23 печат-ных работах, в том числе 4 статьях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ. Получен патент № 146946 РФ, В61F5/26.

Структура и объем работы. Работа состоит из введения, шести глав, заключения с выводами, списка сокращений и условных обозначе-ний, списка используемой литературы из 130 наименований и приложения. Текст диссертации изложен на 142 страницах, содержит 45 рисунков, 15 таблиц и 5 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ Во введении обоснованы актуальность проблемы повышения ресур¬са и снижения затрат, сопутствующих непродолжительному жизненному циклу бандажей колес, приведена программа выполнения работы.

Первая глава посвящена обзору и целенаправленному изучению опубликованных результатов теоретических и экспериментальных иссле-дований по ключевой проблеме железнодорожного транспорта ‒ изнаши-вание колес подвижного состава и рельсов.

Теорией и эксплуатационной практикой неоднократно доказано, что при перемещении буксы на 2–2,6 мм интенсивность изнашивания банда-

6

жей возрастает в 6–7 раз. При соблюдении нормативов продольного пере¬мещения буксовых узлов в челюстных тележках (тепловозов и электрово¬зов) менее 2 мм ресурс бандажей КМБ превышал 800 тыс. км пробега.

Проблема изнашивания колес заявила о себе повторно, когда локо-мотивостроительные заводы перешли на производство поводковых рам те¬лежек. Анализ эксплуатационных статистических данных свидетельствует о низкой долговечности обрезиненных шарниров в каждом КМБ. При раз¬рушении только одного обрезиненного шарнира происходит нарушение длины поводка (320±0,2 мм) и перекос колесной пары в тележке.

Мониторинг обточек колесных пар по типу и сериям локомотивов показывает, что существенное повышение ресурса бандажей может быть достигнуто путем конструкторского и технологического совершенствова-ния шарниров поводковых связей буксовых узлов и тележки.

На основе обзорного анализа литературных источников и состояния ресурса бандажей колес в условиях эксплуатации сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе выполнен анализ характерных неисправностей элементов БП и обрезиненных шарниров локомотивов. Систематизирова-ны критерии работоспособности резино-технических изделий (РТИ) в эки¬пажной части локомотивов.

Физический износ и характер разрушения резиновых элементов ве-дет к изменению нормативов начального их поджатия и непредсказуемому изменению нормативных размеров поводков. Отклонение от нормативных значений (320±0,2 мм) хотя бы одного поводка в комплекте КМБ способ¬ствует: интенсивному изнашиванию гребней, которое требует в 70–80 % случаев обточки бандажей; неустойчивому движению КП и буксованию; повышению сопротивления движению, расходу песка и топливно-энергетических ресурсов.

Предложен метод интегрального алгоритма коррекции ресурса бан-7

дажей, учитывающий характер их неисправностей (износ гребня, прокат, ползун, температурные раковины), количество обточек и глубину резания металла.

Объем снимаемого металла находиться по интегральным поверхно¬стям параллельных сечений профиля бандажа колесной пары

v = vi-v2 =

(

71

g

\yl

О

dx

§

§

n-\y22dx = Trjlf^x)]2dx - 7r\[f2(x)]2dx

J V О

О

J \ О

(1)

где Vx и V2 - объемы металла, соответственно до и после обточки, м3; у = /(JC) - функция, есть кривая вращения вокруг оси Ох, образующая по-верхность искомого тела вращения; О, a, b, c, d, e, g - пределы интегриро¬вания.

Масса снятого металла бандажа определяется по выражению

ZM = (Ml+... + M) = (Vl+... + V)-y, (2)

где у ‒ плотность металла, г/см3.

Результаты расчетов массы снятого металла при различной глубине резания и различном диаметре колес локомотива приведены в таблице 1. Таблица 1 - Зависимость массы снятого металла от глубины резания и диаметра колес

Диаметр бандажа локомотива, мм 1050 1220 1250

Глубина резания, мм 5 10 5 10 5 10

Масса снятого металла с двух бандажей, кг 7‒8 15‒16 9‒10 17‒18 9‒10 17‒18

В третьей главе диссертационной работы рассмотрены основные положения комплексного математического моделирования многозвенной механической структуры: «тележка – буксовые поводки – буксовые узлы – гребни колесной пары – рельсовая колея», дополненной специализирован¬ной математической подсистемой кинематики движения сложного профи¬ля железнодорожного колеса в прямых участках пути.

В основу математической модели положен метод замкнутых конту-ров, предложенный профессором В.А. Зиновьевым. Особенность метода

8

состоит в том, что кинематическая структура представлена системой век-торных тождественных уравнений, подчиняющихся условиям замкнуто-сти, когда суммы проекций сторон многоугольника на оси прямоугольной системы координат равны нулю

Ьос-ёвс+Ьсд-ёсд+Ьдо-ёдо=0

(3)

LAA-eAA+Lm-eBiCi+LOA-eOA=0 LolCl ■ ёад + ЬСіД ■ еСіДі + Lm ■ ёт = 0

AB АВ

ВО ВС

ОЕ ОО

+

= 0,

\*ДіА

+Lm-e00i+Lc

где LAB,Lc/f,LAB ,ЬСД - длины упруго-релаксационных звеньев; LBO,Loc,LBO

,Loc ‒ длины звеньев корпусов букс; LOE,LEO ‒ длины между центрами букс

и центрами колес; LEE ‒ длина между центрами колес; ёг ‒ вектор, модуль

которого равен единице.

Принимая дискретные значения длины буксовых поводков были определены: положения буксовых поводков в координатах х, у; количе-ственные параметры перекоса осей в раме тележки; значения углов набе-гания гребней колес (таблица 2) на боковые грани головок рельсов в пря-мых участках рельсовой колеи.

Таблица 2 ‒ Результаты расчета угла набегания гребня на боковую грань го¬ловки рельса от продольного перемещения буксы

Ж, мм 2 3 4 5 6 8 10 14

а, мрад 16 30,9 45,5 60,7 75,9 105,2 135,7 194,6

На основе значений углов набегания гребня а на боковую грань го-ловки рельса установлены величины забега гребня Л по выражению

A = (r + tytg/3-tga

(4)

где t - глубина касания гребня боковой поверхности головки рельса, мм; /?- угол наклона рабочей поверхности гребня колесной пары, г- радиус ко-

9

леса локомотива по кругу катания, мм.

В таблице 3 приведены результаты расчета численных значений па-раметра забега λ от угла набегания α колесной пары. Таблица 3 ‒ Результаты расчета величины забега от угла набегания гребня

ОС, мрад 16 30,9 45,5 60,7 75,9 105,2 135,7 194,6

X, мм 23,8 45,7 67,5 89,7 111,9 155,5 201,1 289,8

Многозвенная механическая система замкнутых контуров дополнена математическим законом ‒ кинематической подсистемой движения условной материальной точки Б гребня колеса. В основу кинематики движения слож¬ного профиля железнодорожного колеса положена фундаментальная мо¬дель движения круга без проскальзывания, выраженная циклоидальной кривой.

Задаваясь значениями углов набегания гребня а и глубиной его каса¬ния hr боковой поверхности головки рельса, представленных на рисунке 1, установлена траектория условной точки Б, которая позволяет идентифици¬ровать скорость взаимодействия ее с боковой гранью головки рельса в дискретной постановке задачи.

Внутренняя грань

Пятна контакта

Пятна контакта

головки рельса

Рисунок 1 –Характер взаимодействия гребня с внутренней гранью головки рельса при перекосе КП: а – набегающего колеса на рельс; б – сбегающего колеса Визуализация взаимодействия гребней колес с боковыми гранями головок рельсов и их графическая наглядность, являются обоснованием для разработки решений и мероприятий по совершенствованию поводко-10

вых шарниров - сопряжений буксовых узлов и тележки.

Четвертая глава посвящена разработке, расчету и обоснованию кон¬структорских и технологических решений, направленных на совершенство¬вание поводковых сопряжений бесчелюстной рамы тележки тепловоза с ко-лесно-моторными блоками.

Для уточнение формы головок БП в диссертационной работе исполь¬зовался уточняющих коэффициентов концентрации напряжений (5)

x-d-

V Dj

max

(7

(5)

C=K

P/D-t

где Kt - коэффициенту напряжений; d'- внутренний диаметр отверстия головки, мм; D- внешний параметр головки корпуса поводка, мм; стmax-максимальные нормальные напряжения, возникающие в сечении корпуса поводка, Па; P- нагрузка, передаваемая от КМБ, через шарнир к раме те-лежки, Н; t - ширина корпуса головки поводка, мм.

Результаты расчета уточняющего коэффициента концентрации пока¬зали, что применяемая на данный момент полукруглая форма головок стального корпуса БП, в которую запрессована с натягом стальная втулка, обеспечивает долговечность работы составного шарнира.

На такой основе решена задача замены только резиновых элементов шарниров на композиционный материал. Выбор конструкционного мате¬риала выполнен по физико-механическим свойствам. Заменяющий резину материал, выбран из ряда конструкционных материалов: бронза, тексто¬лит, фторопласт-4, полиамид чистый, полиамид с графитовым наполните¬лем. Обоснование выбора выполнено по критериям: износостойкость; ударная вязкость (прочность); деформация. Математическим моделирова¬нием, с использованием программного продукта ANSYS 14.5. Workbench, выполнена количественная оценка напряженно-деформированного состоя-

11

ния осесимметричной втулки, к которой приложены дискретные значения, периодически изменяющихся силовых составляющих.

МПа

0,3

0,275

0,25

0,225

0,2

0,175

0,15

0,125

0,1

0,075

0,05

0,025

0 0

Р, кН

Р, кН

Р, кН

 \,

 ~~^ 2

 4

 /

і^0^ і ■

10

15

20

30

35

25

Рисунок 2 ‒ Графики напряжений на кон-тактных площадках валика и втулки: 1 – бронза; 2 – фторопласт-4; 3 – текстолит; 4 - полиамид графитизированный

KCU, мДж/см2

 1

\

 \

 ^ 2

 3

 4

 ►

0

10

15

25

30

35

20

Рисунок 3 ‒ Графики ударной вязкости ма-териала втулок: 1 - полиамид графитизиро-ванный; 2 – фторопласт-4; 3 – текстолит; 4 – бронза

0,5 0,45

0,4 0,35

0,3 0,25

0,2 0,15

0,1

0,05

0

Δ, мм

 1

 2

 3 4

 У 5

10

15

20

25

35

30

Рисунок 4 – Графики деформации вту-лок: 1 – резина; 2 – фторопласт-4; 3 – по¬лиамид графитизированный; 4 – тексто¬лит; 5 ‒ бронза

Анализ результатов моделиро¬вания представлен на рисунках 2,3,4.

Анализ результатов моделиро¬вания показал, что наиболее приемле¬мым материалом для работы в состав¬ном шарнире буксового поводка, яв¬ляется ‒ полиамид графитизирован-ный.

В пятой главе диссертации

приведены результаты опытных испы¬таний по оценке длины буксовых по-водков и перекоса колесных пар отно¬сительно продольных осей рам теле¬жек в типичных условиях эксплуата¬ции.

С этой целью были выполнены опытные поездки с полновесными ‒ (5600 тонн) и порожними поездами. Результаты одновременных измере¬ний длины БП (левая и правая сторо¬на) всех КМБ в тележке свидетель¬ствуют, что максимальные значения изменения размеров превышают аль¬бомные допуски (320±0,2 мм) в 40,6 раз (от 2 до 12 мм).

12

Лабораторно-стендовые испытания модернизированных буксовых по¬водков выполнены с использованием промышленного стенда Р-100. Деформа¬ция полиамидных шарниров БП в зависимости от приложенной статической нагрузки регистрировалась микрорегистраторами разрывной машины. Обра¬ботка данных эксперимента и построение линии тренда.

Сходимость экспериментальных и расчетных данных деформаций шарниров БП не превышает 5%.

В шестой главе разработаны и предложены технологические при-способления, инструмент и инструкция по формированию шарниров на основе композиционного материала при деповских видах текущих ремон-тов тепловозов. Выполнен функционально-стоимостный анализ эффектив¬ности замены резиновых элементов в шарнирах буксовых поводков на композиционный материал. Экономический эффект только от внедрения технологического процесса замены резины на композиционный материал, в сопоставлении с текущим или средним ремонтом обрезиненных шарни¬ров поводков одной секции тепловоза, составляет более 77 тыс. руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе получены научные и практические результаты.

1. По результатам целенаправленного анализа эксплуатационной

статистики и аналитического ранжирования установлено, что одним из ос¬

новных факторов, определяющим ресурс бандажей, является низкая дол¬

говечность обрезиненных шарниров поводковых связей тележки с буксами

КМБ.

2. Характер неисправностей обрезиненных шарниров и их металли¬

ческих деталей создает, в межремонтный период эксплуатации локомоти¬

вов, несоответствие нормативных параметров (320±0,2 мм) четырех буксо¬

вых поводков каждого КМБ, следствием которого является перекос оси

колесной пары в раме тележки тепловоза от 2 до 14 мм.

13

3. На основе разработанной комплексной математической модели многозвенной механической системы «тележка ‒ буксовые поводки ‒ бук¬совые узлы ‒ гребни колесной пары ‒ рельсовая колея» получена возмож¬ность определять трехмерное положение оси колесной пары в зависимости от линейных параметров буксовых поводков. Экспериментально подтвер¬ждается, что при увеличении перекоса оси колесной пары с 2 до 6 мм ин¬тенсивность изнашивания гребней увеличивается в 5–6 раз. Модель до¬полнена фундаментальными положениями кинематики движения колесной пары, позволяющая оценивать значение скорости взаимодействия гребня с боковой поверхностью головки рельса в зависимости от поступательной скорости локомотива и диаметров его колес. Получена возможность ком-пьютерной визуализации процесса взаимодействия гребней (набегающего, выбегающего) и боковых поверхностей головок рельсовой колеи, в графи¬ческом и параметрическом представлении, с учетом перекоса колесной па¬ры.

4. Получил развитие метод оптимального расчета параметров шар-ниров буксового поводка из композиционного материала. Модель буксово¬го поводка построена с помощью программы «Ansys 14.5. Workbench» (элементов анализа «Static Structural» и «Explicit Dynamics»), что позволяет выполнять многовариантные расчеты с учетом физико-механических свойств конструкционного материала (износостойкость и прочность), ис¬пользуя теорию краевых задач вязкоупругости в напряжениях и деформа¬циях.

5. Поездные испытания резино-металлических шарниров буксовых поводков показали, что значения изменения длины буксовых поводков превышают альбомные допуски в 40,6 раз (от 2 до 12 мм), что составляет 46 % от всего времени движения локомотива. Изготовлен и прошел стен-довые испытания буксовый поводок с шарнирами из конструкционного материала. Предельное значение параметра длины модернизированного

14

букового поводка достигает 320±0,04 мм, что не превышают альбомные допуски (320±0,2 мм). Оптимальная конструкция поводковых шарниров защищена патентом на полезную модель № 146946.

6. Разработаны и предложены технологические приспособления, ин¬струмент и инструкция по формированию шарниров на основе композици¬онного материала при деповских видах текущих ремонтов тепловозов. Выполнен функционально-стоимостный анализ эффективности замены ре¬зиновых элементов в шарнирах буксовых поводков на композиционный материал. Экономический эффект только от внедрения технологического процесса замены резины на композиционный материал, в сопоставлении с текущим или средним ремонтом обрезиненных шарниров поводков одной секции тепловоза, составляет более 77 тыс. руб.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых научных журналах и изданиях:

1. Новачук, Я.А. Инновационная теория взаимодействия колес и

рельсов [Текст] / Я.А. Новачук, В.Г. Григоренко, Д.Н. Никитин // Путь и

путевое хозяйство. – 2009. ‒ № 9. ‒ С. 22‒26.

2. Новачук, Я.А. Моделирование процесса взаимодействия «колесо-рельс» [Текст] / Я.А. Новачук, Д.Н. Никитин, Р.В. Коблов // Мир транспор¬та, 2012. ‒ № 4. ‒ С. 16‒19.

3. Моделирование кинематических параметров колес железнодорож¬ного подвижного состава /Д.Н. Никитин, Р.В. Коблов, Я.А. Новачук, В.Г. Григоренко //Вестн. Науч.-исслед. ин. ж.-д. трансп. – 2012. ‒ №4. ‒ С.30‒ 34.

4. Новая парадигма кинематики «колесо – рельс» / Я.А. Новачук,Д.Н. Никитин, Р.В. Коблов, А.Н. Тепляков // Известия Транссиба. – 2014. ‒ №3. ‒ С. 24‒31.

Другие публикации:

5. Новачук, Я.А. К вопросу развития и адаптации теории взаимодей-

15

ствия колес с рельсами [Текст] / Я.А. Новачук, В.Г. Григоренко, Д.Н. Ни-китин // Тр. IX науч.-практ. конф. «Безопасность движения поездов». - М. : МИИТ, 2008. – С. VII-21 - VII-22.

6. Новачук, Я.А. О характере взаимодействия гребня колеса с рель-сом [Текст] / Я.А. Новачук, Д.Н. Никитин // Сетевая школа «Повышение эффективности технологии лубрикации в системе «колесо–рельс»: сб. докл. – Чита :Заб. ж.д. филиала ОАО «РЖД», 2009. – С. 101–108.

7. Никитин, Д.Н. К определению угла набегания и величины забега гребня [Текст] / Д.Н. Никитин, Я.А. Новачук // Науч.-техн. и экономиче-ское сотрудничество стран АТР в XXI веке : материалы Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием; под ред. О.Л. Рудых. – Хаба-ровск : Изд-во ДВГУПС, 2009. – Т. 1. – С. 24–27.

8. Никитин, Д.Н. Совершенствование связей КМБ с бесчелюстной рамой тележки локомотива [Текст] / Д.Н. Никитин, Я.А. Новачук // Науч-но-техническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке : тр. Всерос. молодежной науч.-практ. конф. с междунар. участием; под ред. А.Ф. Серенко. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2013. – Т.1 – С. 51-55.

Подписано к печати 08.12.2015 г. Печ.л. 1,0

Печать-ризография Бумага для множит. апп. Формат 60×84 1/16

Тираж 100 экз. Заказ №

СР ПГУПС, 190031, С.-Петербург, Московский пр. 9

16