

Утверждаю:

Проректор по научной работе
Федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Сибирский государственный
университет путей сообщения»
доктор технических наук, профессор,

А.Д. Абрамов

« 15 » сентября 2022 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации

Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Сибирский государственный университет путей сообщения»
на диссертацию **Краснова Олега Геннадьевича**

**«Прогнозирование износа и контактно-усталостной повреждаемости рельсов
для условий интенсификации грузового движения»,**
представленную на соискание учёной степени доктора технических наук
по специальности 2.9.2. Железнодорожный путь, изыскание, проектирование
железных дорог

1. Актуальность темы исследования

Согласно долгосрочной программе развития ОАО «РЖД» до 2025 г., утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 марта 2019 г. № 466-р, инфраструктура ОАО «РЖД» должна обеспечить готовность к росту объемов перевозок грузов в долгосрочной перспективе выше 4 % в год и увеличение пропускной способности сети железных дорог за счет устранения инфраструктурных ограничений, а также минимизации рисков их возникновения в будущем. Рельс, являясь основным элементом путевой инфраструктуры, в таких условиях должен быть более надежным и долговечным.

Анализ повреждаемости рельсов в эксплуатации красноречиво свидетельствует о зависимости данного показателя от интенсивности использования инфраструктуры. Так, максимальный показатель выхода дефектных рельсов на 1 км главного хода – на Восточном полигоне (2,6 шт./км), минимальный – на Западном (0,058 шт./км). Динамика образования дефектов рельсов за период с 2015 по 2021 г. показывает тренд на снижение количества заменяемых дефектных и остродефектных рельсов. Структура выхода дефектных рельсов указывает на то, что ежегодно увеличивается объем выхода рельсов по дефектам сварных стыков. А в 2020 г. выход рельсов по данным дефектам составил 26 % от общего объема рельсов, замененных и лежащих в пути, дефектных и остродефектных.

В соответствии с долгосрочной программой развития ОАО «РЖД» до 2025 г. предусмотрено увеличить срок службы рельсов до 1500 млн. т брутто. Вместе с тем, по данным Управления пути и сооружений ОАО «РЖД» за 2020 г., на российских

железных дорогах было заменено 142 838 рельсов в 25-метровом эквиваленте. Из них 30 636 (или 21,4 %) изъятий рельсов приходится при достижении предельного состояния по износу, 70 838 (или 49,6 %) изъятий по контактно-усталостным дефектам. Таким образом, более 71 % всех изъятий рельсов приходится на износ и дефекты контактно-усталостного характера, что усугубляется интенсификацией грузового движения путем внедрения грузовых вагонов и локомотивов с осевыми нагрузками 245 кН.

Проблема установления научно обоснованных факторов, определяющих интенсивность износа рельсов и образования контактно-усталостных дефектов на их поверхности, разработка методов прогнозирования износа рельсов и их контактно-усталостной долговечности с учетом категорий качества и величин осевых нагрузок, состояния плана и профиля пути, рельсов, а также более точных способов учета силового воздействия на путь от подвижного состава с повышенными осевыми нагрузками и состояния пути, является актуальной научной проблемой, имеющей важное хозяйственное значение для развития транспортной отрасли.

2. Оценка структуры и содержания работы

Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы, включающего 274 наименования, изложена на 312 страницах основного текста, 101 рисунок, 62 таблицы и 11 приложений.

Диссертация логически выдержанна, содержание и структура соответствуют поставленной цели исследования, критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования. Выдвигаемые соискателем теоретические и методологические положения, а также сформированные в диссертации выводы и предложения, как результаты исследования, являются новыми.

3. Новизна полученных результатов

Новизна полученных результатов состоит в следующем:

- разработана структурная схема и аналитические выражения для расчета количественных значений бокового и вертикального износа рельсов с использованием впервые введенного понятия «базовая интенсивность износа»;
- установлены количественные значения функциональных коэффициентов, определяющих интенсивность бокового и вертикального износа рельсов разных категорий качества, от эксплуатационных факторов (радиуса кривых участков пути, уровней непогашенных ускорений, периодичности лубрикации рельсов, продольного профиля пути и массы поездов, конструкции экипажных частей подвижного состава и величин осевых нагрузок, типа применяемых промежуточных рельсовых скреплений);
- установлено, что распределения вертикальных сил от взаимодействия колес подвижного состава и пути в составе поездов, сформированных из вагонов с близкими осевыми нагрузками, представляют стационарные, эргодичные процессы с незначительными величинами асимметрии (не более 3...3,5 % от средних значений) и хорошо аппроксимируются нормальным законом по критерию согласования Колмогорова – Смирнова;
- разработана конечно-элементная модель прокатки вагонного колеса по рельсу, установлено, что компоненты тензора напряжений на поверхности рельса

находятся в непропорциональном многоосном напряженном состоянии, обосновано использование деформационной модели многоосной усталости Брауна – Миллера для прогнозирования повреждаемости рельсов;

– установлены закономерности технологии фрезерования рельсов в пути при репрофилировании изношенной головки рельса и удаления контактно-усталостных повреждений, распространяющихся на глубину до 2,5 мм для российских железных дорог.

4. Личный вклад соискателя в получении результатов исследования

Соискателем сформулирована научная проблема, для решения которой определены цели, задачи, план научных изысканий, необходимый для достижения цели исследования. Соискателем лично проведены теоретические и экспериментальные исследования факторов, влияющих на износ рельсов, теоретические исследования по прогнозированию контактно-усталостной повреждаемости рельсов. Соискателем разработаны:

- методика прогнозирования износа рельсов различных категорий качества для разных условий эксплуатации;
- методика формирования интегрального распределения вертикальных нагрузок от колес суточного пакета поездов и структуры поездопотока;
- методика определения контактно-усталостной повреждаемости поверхности катания рельсов до образования трещин с использованием деформационной модели многоосной усталости Брауна – Миллера и учетом деградации механических свойств рельсовой стали от пропущенного тоннажа;
- методика определения геометрических параметров режущего инструмента фрезерных колес рельсофрезерного поезда с преобразованием облака точек методом сингулярного разложения и использования алгоритмов Делоне.

5. Степень достоверности результатов исследования

Степень достоверности и апробации результатов исследования подтверждается применением, зарекомендовавших себя, методов теории вероятности и математической статистики, деформационных моделей при многоосном циклическом нагружении деталей, численного моделирования с использованием программных комплексов «Универсальный механизм», *MARC*, *Fatigue (MSC Software)*, математического программирования и современных методов вычислительной математики. Экспериментальные методы реализовывались с применением тензометрирования. Достоверность разработанных методик подтверждена сходимостью расчетных и экспериментальных данных. Основные теоретические положения и выводы, а также прикладные рекомендации, сформулированные в работе, докладывались автором на научно-практических конференциях различного уровня, включая международные.

6. Теоретическая и практическая значимость полученных автором диссертации результатов

Осуществленные в диссертации исследования и сформулированные предложения и методики могут послужить теоретической базой для дальнейшего совершенствования планирования при замене рельсов определенных категорий

качества в зависимости от условий эксплуатации: доминирования грузового или пассажирского движения и нагрузок на ось подвижного состава.

Установлены нормативные значения интенсивности износа рельсов разных категорий и условий эксплуатации.

Предложена методика, позволяющая прогнозировать поверхностную усталость рельсов при доминировании нормальных сжимающих напряжений от колес подвижного состава с повышенными осевыми нагрузками.

На основании экспериментальных исследований по фрезерованию рельсов рельсофрезерным поездом РФП1 разработаны мероприятия и переданы заводу «КЗ Ремпутьмаш» для повышения эффективности и качества выполняемых технологических операций.

7. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Теоретические и практические результаты диссертационного исследования нашли применение в технических отделах дистанций пути для прогнозирования ресурса рельсов до достижения предельного состояния по износу и контактно-усталостной повреждаемости для конкретных условий эксплуатации и выбора рациональных категорий качества рельсов для минимизации текущих затрат и снижения стоимости жизненного цикла. Результаты теоретического и практического использования диссертации подтверждены соответствующими актами, представленными в диссертации.

8. Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и теме диссертации

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.9.2. Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог по:

пункту 2 – Конструкции верхнего и нижнего строения железнодорожного пути. Основные параметры, направления развития, проектирование, изготовление. Система технического обслуживания и ремонтов железнодорожного пути. Технология железнодорожного пути. Внедрение результатов исследований;

пункту 5 – Методы исследования, испытаний и моделирования железнодорожного пути и процессов его взаимодействия с подвижным составом;

пункту 7 – Эксплуатационная надежность железнодорожного пути.

Содержание диссертационной работы соответствует заявленной соискателем теме исследования.

9. Соответствие автореферата диссертации её содержанию

Автореферат диссертации содержит основные идеи и выводы диссертации, показывает вклад автора в проведенное исследование, степень новизны и практическую значимость приведенных результатов исследований, раскрывает цель и задачи исследования.

Рукопись автореферата соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011, а также п.25 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

10. Замечания по диссертационной работе

По содержанию диссертации имеется ряд замечаний:

1. В главе 2 целесообразно провести анализ взаимодействия в системе «колесо-рельс» видов износа рельсов. В частности при двухточечном контакте колес с рельсом на износ рельсов основное влияние оказывают нормальные силы, действующие на поверхности катания (точка № 1) и на боковой поверхности наружного рельса и гребня колеса (точка № 2). Целесообразно более подробно показать увязку вертикальных и боковых сил и нормальных сил в точках № 1, направляющие усилия.

2. В СГУПС осреднение величин позволило получить обобщенные зависимости направляющих Y_1 и боковых сил Y_b для грузового вагона на тележках модели 18-100 от расчетных нагрузок колес P , непогашенных ускорений a_h .

$$Y_1 = 0,78PK_R + 0,25Pa_h;$$

$$Y_b = 0,53PK_R + 0,25Pa_h.$$

$$K_R = \left(\frac{400}{R} \right)^{0,175}.$$

Здесь

Для анализа полученных зависимостей примем $P = 115$ кН, $a_h = 0,3$ м/с², $R = 400$ м. В этом случае: $Y_1 = 89,7 + 8,6 = 98,3$ кН.

При уменьшении нагрузки от колеса на рельс до 90 кН, т.е. в 1,3 раза, направляющее усилие $Y_1 = 77$ кН также уменьшится в 1,3 раза.

Из полученных данных видно, что в суммарную величину направляющего усилия Y_1 непогашенное ускорение вносит вклад 9 %, а нагрузка колеса на наружный рельс – 91 %.

3. В структурной схеме факторов, ранжированных по доле вклада их в интенсивность бокового износа рельсов, на первое место автор поставил радиус кривой. И это правильно, так как интенсивность износа колеса зависит от угла набегания на боковую грань рельса, величина которого увеличивается с увеличением кривизны рельсовой колеи (уменьшения радиуса кривой).

На второе место автор поставил уровень непогашенного поперечного ускорения при увеличении по кривой, а не величину средневзвешенной осевой нагрузки подвижного состава, что требует обоснования.

4. В традиционных путейских исследованиях все виды изнашивания подразделяют на три основные группы:

1) механическое изнашивание – происходит в результате только механических воздействий, вызывающих разрушение микрообъемов материалов при трении;

2) усталостное изнашивание – является следствием циклического воздействия на микровыступы трущихся поверхностей. Отделение частиц может также происходить в результате наклева поверхностного слоя, который становится хрупким и разрушается;

3) абразивное изнашивание, при котором трущиеся поверхности разрушаются абразивными частицами за счет резания и царапанья с отделением стружки. Абразивные частицы являются продуктами износа – твердыми образованиями.

В нашем случае это кварцевый песок, подающийся в зону контакта локомотивных колес с рельсами для обеспечения их сцепления на участках интенсивной тяги или торможения.

Если в первых двух случаях для снижения интенсивности бокового износа рельсов можно использовать для нанесения смазки на боковые грани рельсов подвижные единицы: автоматрисы и электропоезда, то в третьем случае положительный эффект можно получить только от применения стационарных лубрикаторов.

5. В большинстве моделей при определении бокового износа не учитывается скольжение гребня по боковой грани рельса, вызванное вращением колеса. Для учета скольжения гребня по боковой поверхности рельса на кафедре «Путь и путевое хозяйство» СГУПС разработана механо-математическая модель оценки интенсивности бокового износа с использованием свойств математической кривой-циклоиды. Из текста главы 2 не понятно как учитывается сложное движение колесной пары при теоретических исследованиях бокового износа наружных рельсов в кривых участках пути.

6. Явления износа и контактно-усталостной прочности являются взаимно связанными и взаимно исключающими. При управлении процессом износа можно добиться замедления процесса образования контактно-усталостных повреждений на поверхности катания. При выборе управляющих факторов в тексте диссертации этот вопрос не отражен.

7. Необходимо пояснить причину выбора исследования технологии фрезерования рельсов. В СГУПСе разработана технология высокоскоростного шлифования рельсов, которая показала высокие технико-экономические показатели.

Отмеченные недостатки, опечатки и стилистические неточности не оказывают существенного влияния на главные научные и прикладные результаты диссертационной работы.

11. Заключение по диссертации о соответствии её требованиям

Диссертация Краснова Олега Геннадьевича на тему «Прогнозирование износа и контактно-усталостной повреждаемости рельсов для условий интенсификации грузового движения», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.9.2 – «Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог» является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований предложено решение проблемы, имеющей важное хозяйственное значение, получены новые научно обоснованные технические и технологические решения по снижению износа и контактно-усталостной повреждаемости рельсов для условий интенсификации грузового движения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней».

В соответствии с п. 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» диссертация написана соискателем самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

В соответствии с п. 11 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» основные научные результаты диссертации Краснова О.Г. опубликованы в рецензируемых научных изданиях, включенных в Перечень ВАК Минобрнауки России (18 статей), в 1 издании, входящем в международную базу цитирования (Web of Science), получено 3 патента РФ и в других изданиях.

В соответствии с п. 13 основное содержание диссертации достаточно полно отражено в 40 публикациях автора в открытой печати и прошло широкую аprobацию на конференциях, в том числе с международным участием.

В соответствии с п. 14 в диссертационной работе соискателя имеются ссылки на других авторов и источники заимствования материалов, а также на научные работы, выполненные соискателем лично и в соавторстве.

Считаем, что представленная диссертация соответствует пп. 9-11 и 13-14 «Положения о порядке присуждения ученой степеней», а ее автор Краснов О.Г., заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.9.2 – «Железнодорожный путь, изыскание, проектирование железных дорог».

Отзыв ведущей организации рассмотрен, обсужден и одобрен на расширенном заседании кафедры «Путь и путевое хозяйство» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО СГУПС), протокол № 5 от «12» сентября 2022 г.

Заведующий кафедрой «Путь и путевое
хозяйство» ФГБОУ ВО СГУПС,
доктор технических наук по специальности
05.22.06 – Железнодорожный путь, изыскание,
проектирование железных дорог, профессор
тел. 8 (383) 328-04-55
e-mail: lanisal@stu.ru

Ланис Алексей Леонидович

Профессор кафедры «Путь и путевое
хозяйство» ФГБОУ ВО СГУПС,
доктор технических наук по специальности
05.22.06 – Железнодорожный путь, изыскание,
проектирование железных дорог, профессор
тел. 8 (383) 328-04-55
e-mail: kni@stu.ru

Карпушенко Николай Иванович

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО СГУПС),
630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, д. 191,
тел. (383) 328-04-00, факс (383) 226-79-78, E-mail: public@stu.ru, официальный сайт <http://www.stu.ru/>

Сведения о лице, утвердившем отзыв ведущей организации на диссертацию:

Абрамов Андрей Дмитриевич, доктор технических наук по специальности 05.05.04 – «Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины».

*Ланис А.Л. и Карпушенко Н.И. заверяю
без доводов о ее фальсификации
Рудьев И.В.*

