

## УТВЕРЖДАЮ:

Первый заместитель генерального  
директора – главный инженер  
акционерного общества «Научно-  
исследовательский  
и конструкторско-технологический  
институт подвижного состава»,

К.Т.Н.



Ю.В. Бабков

«12» апреля 2023г.

## О Т З Ы В

ведущей организации акционерного общества «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» на диссертацию Петрова Александра Владимировича «Влияние низких температур на жесткость узлов рельсовых креплений безбалластной конструкции пути», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.2. Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог

### Актуальность темы исследования

Одним из ключевых направлений стратегии развития ОАО «РЖД» является развитие высокоскоростного движения. Мировой опыт строительства и эксплуатации линий ВСМ подтвердил эффективность применения безбалластной конструкции пути (далее БКП), Проработка проекта ВСМ «Москва – Казань» подразумевала применение в качестве базовой безбалластную плитную конструкцию пути CRTS III RUS, адаптированную под российские условия эксплуатации. Известно, что в БКП рельсовые крепления с промежуточным эластичным слоем являются

главным элементом, упругие свойства которых формируют от 80 до 95% упругих свойств всей конструкции пути в целом. Характерной особенностью эксплуатации безбалластного пути в условиях российских железных дорог является его работа при воздействии низких температур до  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Представленный соискателем метод по усовершенствованию расчётной модели определения упругого прогиба рельса от воздействия подвижного состава на БКП с учётом влияния низких температур с последующим формированием требований к упругим характеристикам рельсовых скреплений, с промежуточным эластичным слоем для БКП, работающих в условиях проектируемой линии ВСМ «Москва – Санкт-Петербург, делает диссертационную работу А.В. Петрова актуальной.

### **Оценка структуры и содержания работы**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы из 170 наименований. Работа изложена на 186 страницах машинописного текста, содержит 25 таблиц, 86 рисунков и 6-ти приложений.

**Во введении** обоснована актуальность диссертационной работы, поставлены цели и задачи исследования, указаны методы исследования, научная новизна и практическая ценность работы, сформулированы положения, выносимые на защиту, приведены сведения об апробации работы, структуре и объеме диссертации.

**В первой главе** проведён анализ отечественных и зарубежных исследований, связанных с работой промежуточных рельсовых скреплений в различных конструкциях балластного и безбалластного пути. Развитие высокоскоростного железнодорожного сообщения в России требует пересмотра оценки воздействия подвижного состава на путь и определения прогиба рельса с учётом влияния низких температур.

Показано, что в отечественном техническом регулировании

недостаточно полно отражены требования к упругим характеристикам рельсовых креплений и имеется необходимость в проведении дополнительных исследований по определению влияния низких температур до  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  на жёсткость узлов рельсовых креплений БКП с упругим промежуточным слоем. В результате проведённого анализа теоретических и экспериментальных работ сформулированы основные направления исследований, а также определена необходимость в актуализации нормативной документации в области технического регулирования рельсовых креплений.

**Во второй главе** представлен анализ методов расчета пути: действующей методики ОАО «РЖД», методики, предложенной А. Я. Коганом, методов DB, SNCF и AREMA. Сделан вывод, рассмотренные методы рассматривают оценку напряжённого состояния рельсов в конструкции классического и безбалластного пути и не учитывают влияние температур на упругие характеристики отдельных элементов пути.

Метод Айзенманна предполагает определение упругого прогиба рельса для классической конструкции пути, состоящей из рельсошпальной решётки, а также для БКП. Расчетная модель учитывает предложения В.П. Крачковского об использовании коэффициентов, влияющих на модуль упругости пути. Для безбалластной конструкции принимается в расчёт жёсткость узла рельсового крепления, как главного элемента, формирующего упругие характеристики всей конструкции пути в целом. Соискателем предложено дополнить расчётную модель, указанную в методе Айзенманна, формулой определения жёсткости узла рельсового крепления с эластичным слоем с введением коэффициентов влияния температуры на упругие характеристики элементов рельсового крепления, полученных аппроксимацией зависимостей влияния низких температур на статическую и динамическую жёсткость эластичной прокладки рельсового крепления.

**В третьей главе** представлены результаты лабораторных испытаний

по определению фактических значений статической и динамической жесткости эластичных прокладок из материалов EPDM и Byrel, применяемых в конструкции рельсового скрепления типа System 300, в диапазоне температур от  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+23\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Определены полиномиальные функции, позволяющие вычислить коэффициенты, введенные в расчетную модель. На Экспериментальном кольце под воздействием динамической нагрузки от грузового подвижного состава при отрицательной температуре окружающего воздуха определены прогибы рельса БКП. Среднее значение прогиба рельса составило 1,55 мм со среднеквадратичным отклонением 0,17 мм. Проведена верификация усовершенствованной математической модели определения прогиба рельса БКП с учётом влияния низкой температуры ( $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) с экспериментальными данными. Сходимость расчетных значений с экспериментальными данными составила 94,8% для конструкции пути Feste Fahrbahn Voegl и узлами рельсового скрепления System 300 с эластичными прокладками из материала EPDM.

**В четвертой главе** выполнен анализ нормативно-технической документации регулирующей требования к рельсовым скреплениям. Показано, что существующая отечественная нормативно-техническая документация устанавливает требования к скреплениям и их элементам, применяемым в конструкции классического пути со шпальным основанием на балластном слое. Отсутствуют требования к упругим характеристикам рельсовых скреплений с промежуточным эластичным слоем, применяемых в БКП, а также отсутствуют методы подтверждения указанных требований. Наиболее полно требования и методы подтверждения данных прописаны в регулирующих документах EN и Китая, но в них отсутствуют требования по контролю изменения упругих характеристик рельсовых скреплений при температурах ниже  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Соискателем предложено установить требования к упругим характеристикам рельсовых скреплений БКП. Вертикальная жёсткость узла рельсового скрепления должна быть в пределах, кН/мм – 16-27

Изменение статической жесткости эластичных прокладок, эксплуатируемых в условиях низких температур (от  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+23\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), не должно превышать коэффициент – 4.

Предложены количественные коэффициенты соотношения динамической жёсткости к статической жесткости эластичных прокладок.

### **Новизна полученных результатов**

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

1) Усовершенствована математическая модель, позволяющая учитывать воздействие низких температур на изменение жёсткости рельсовых креплений;

2) Определены коэффициенты изменения статической и динамической жёсткостей эластичной прокладки узла рельсового крепления для БКП в зависимости от воздействия низких температур;

3) Разработан метод определения статической и динамической жесткости эластичной прокладки рельсового крепления для БКП;

4) С учетом влияние низких температур на жесткость узла рельсовых креплений безбалластной конструкции пути сформированы дополнительные требования к упругим характеристикам рельсовых креплений с промежуточным эластичным слоем БКП.

### **Теоретическая и практическая значимость полученных автором результатов.**

Теоретическая значимость работы состоит в уточнении расчётной математической модели определения прогиба рельса БКП коэффициентами, определяемыми полиномиальными функциями, полученными аппроксимацией зависимостей влияния низких температур на статическую и динамическую жёсткость эластичной прокладки рельсового крепления.

Практическая значимость диссертации заключается:

1. Сформированы предложения по изменению ГОСТ 32698-2014 Скрепление рельсовое промежуточное железнодорожного пути. Требования безопасности и методы контроля.

2. Разработаны новые конструкции узла рельсового скрепления (заявки на патент №2022123430, №2022123431 от 01.09.2022).

3. Разработаны требования к методам подтверждения характеристикам рельсовых скреплений с учетом влияния низких температур в целях обязательного подтверждения соответствия при сертификации или декларировании

### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

На основе выполненных комплексных теоретических и экспериментальных исследований получены новые научно обоснованные технические и технологические решения по влиянию низких температур на жесткость узлов рельсовых скреплений безбалластной конструкции пути.

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.9.2. Железнодорожный путь, изыскание, проектирование железных дорог по пунктам:

- 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». Объект и область исследований не противоречат паспорту специальности. Содержание диссертации соответствует теме диссертации.

- пункту 7- Эксплуатационная надежность железнодорожного пути.

### **Апробация работы и публикации**

Основные положения диссертации и полученные результаты опубликованы в 17 научных работах, из них 7 статей в рецензируемых научных изданиях, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, соискатель имеет 2 заявки на патент по теме диссертации. Основные результаты научного исследования достаточно широко доложены, обсуждены и одобрены на 4-х научно-практических международных и всероссийских конференциях.

### **Соответствие автореферата основному содержанию диссертации**

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации, отражает ее структуру и положения, выносимые на защиту. Автореферат по структуре и оформлению соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления».

### **Личный вклад соискателя в получении результатов исследования**

Соискателем проведен анализ отечественных и зарубежных исследований, связанных с работой промежуточных рельсовых скреплений в различных конструкциях балластного и безбалластного пути, на основании которого осуществлена постановка цели и задач исследования, уточнена расчётная математическая модель определения прогиба рельса БКП коэффициентами, определяемыми полиномиальными функциями, полученными аппроксимацией зависимостей влияния низких температур на статическую и динамическую жёсткость эластичной прокладки рельсового скрепления. Сформированы предложения по изменению ГОСТ 32698-2014 Скрепление рельсовое промежуточное железнодорожного пути. Требования безопасности и методы контроля.

Разработаны требования к методам подтверждения характеристикам рельсовых скреплений с учетом влияния низких температур в целях

обязательного подтверждения соответствия при сертификации или декларировании.

### **Степень достоверности результатов исследования**

Достоверность результатов исследования подтверждается корректной постановкой задач, использованием теоретически обоснованных методов исследования, достаточным объемом экспериментальных данных, подтверждающих полученные автором результаты.

### **Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Полученные в рамках диссертационного исследования результаты и выводы позволяют рекомендовать к внедрению предложенную соискателем уточненную расчётную математическую модель определения прогиба рельса БКП при низких температурах до  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### **Замечания по диссертационной работе**

Безусловно положительно оценивая научную работу А.В. Петрова, следует сделать следующие замечания по ее содержанию.

1. Конструкция креплений System-300 состоит из двух упругих элементов: подрельсовой прокладки и упругой нащпальной накладки (эластичный промежуточный слой). При рассмотрении вертикальной жесткости креплений System-300 исследования сосредоточены на эластичном промежуточном слое. Целесообразно представить жесткость подрельсовых прокладок и пояснить причину повышенной их жесткости.

2. При анализе методов расчета пути на прочность следовало бы сделать ссылки на современные программные комплексы, позволяющие решать задачи оценки напряжённости деформированного состояния с использованием методов конечных элементов.

3. На рис. 1.24, 1.25 надпись на диаграммах выполнить на русском языке.



4. При испытаниях динамическая жесткость прокладок эластичного промежуточного слоя существенно изменилась при температуре от  $-35^{\circ}\text{C}$  до  $-50^{\circ}\text{C}$  для материалов EPDM и Byrel. При циклической нагрузках как под поездной нагрузкой, так и на стенде, температура эластичной прокладки повышается за счет работы сил внутреннего трения. Целесообразно обосновать принимаемые величины предельной динамической жесткости, характерных для начальных значений температуры упругих элементов соответствующих температуре окружающей среды.

5. Требуется пояснить: какое отношение измерение прогибов между путевой плитой и несущей плитой, несущей плитой и тощим бетоном имеют к цели и задачам данной работы?

6. Требуется пояснить: на рис. 2.14 расстояние между узлами скрепления 650 мм, хотя при эюре шпал 1840шп/км-0543 мм, для европейских параметров -1600шп/км- 0,625 мм.

7. Аппроксимируя зависимость изменения статической и динамической жесткости эластичных прокладок из материала EPDM и Byrel записать выражения с терминами температур и жесткостей (стр. 88, 89)

8. При измерении прогибов рельсов на БКП FFB на Экспериментальном кольце целесообразно в сечении, где производились измерения прогибов рельса, проводить измерения вертикальных сил по ГОСТ 55050-2012г.

9. Представленные результаты прогибов рельса на БКП FFB от поездной нагрузки, при температуре окружающей среды  $-2^{\circ}\text{C}$ . Более ценно было бы провести измерения в летних условиях ( $+25 + 35^{\circ}\text{C}$ ) и зимних условиях ( $-20...25^{\circ}\text{C}$ ).

### **Заключение**

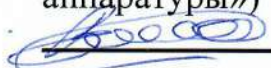
Диссертация Петрова Александра Владимировича «Влияние низких температур на жесткость узлов рельсовых креплений безбалластной конструкции пути» на соискание ученой степени кандидата технических наук

является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи оценки влияния низких температур на жесткость узлов рельсовых скреплений безбалластного пути, имеющей важное значение для развития транспортной отрасли. Диссертационная работа по своему содержанию, научному уровню и завершенности исследования соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года, а ее автор, Петров Александр Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.2. Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог.

Отзыв ведущей организации рассмотрен на заседании отделения динамики, прочности подвижного состава и инфраструктуры АО «ВНИКТИ» (Протокол № 2 от 12 апреля 2023г.)

Заключение составлено:

Заведующий отделением динамики и прочности подвижного состава и инфраструктуры АО «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (АО «ВНИКТИ»), доктор технических наук (01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры»)

 Волохов Григорий Михайлович

тел. +7 (496) 618-82-18 доб. 11-12, e-mail: [volokhov-gm@vnikti.com](mailto:volokhov-gm@vnikti.com)

Заведующий отделом пути и специального подвижного состава АО «ВНИКТИ», кандидат технических наук (05.22.06 «Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог», 05.05.04 «Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины»)

 Краснов Олег Геннадьевич

тел. +7 (496) 618-82-18 доб. 11-14, e-mail: [krasnov-og@vnikti.com](mailto:krasnov-og@vnikti.com)

Адрес: 140402, Московская область, г. Коломна, ул. Октябрьской революции, 410. Акционерное общество «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава» (АО «ВНИКТИ»)

*Сергей Васильевич М. и Краснов О. Г.*  
*Участником ОУП Д. В. Козачка*

