

На правах рукописи



КАПЛИН ВАЛЕРИЙ НИКОЛАЕВИЧ

**ТЕКУЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ПУТИ В ЗОНЕ РЕЛЬСОВЫХ СТЫКОВ НА
ОСОБО ГРУЗОНАПРЯЖЕННЫХ ЛИНИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ УПРУГИХ
ПОДШПАЛЬНЫХ ПРОКЛАДОК**

2.9.2. Железнодорожный путь, изыскание и
проектирование железных дорог

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Москва – 2022

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет транспорта» РУТ (МИИТ).

Научный руководитель: **Певзнер Виктор Ошерович**
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Стоянович Геннадий Михайлович**
доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», кафедра «Железнодорожный путь», профессор
Абдурашитов Анатолий Юрьевич
кандидат технических наук, проектно-конструкторское бюро по инфраструктуре – филиал ОАО «РЖД», отдел рельсов, начальник

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения»

Защита диссертации состоится «02» июня 2022 г. в 13:00 часов на заседании диссертационного совета 40.2.002.03 на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта» по адресу: 127994, г. Москва, ул. Образцова, д.9, стр. 9, ауд. 7618.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке РУТ (МИИТ) и на сайте www.rut-miit.ru.

Автореферат разослан « ___ » _____ 2022 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета



Гринь Елена Николаевна

Актуальность темы исследований. Теоретически и экспериментально обоснована целесообразность выправки пути в зоне рельсовых стыков укладкой упругих подшпальных прокладок на слежавшуюся постель железобетонных шпал. Эффективность данного технического решения подтверждена эксплуатационными наблюдениями за период пропуска по опытному участку более 800 млн тонн.

Применение упругих подшпальных прокладок в стыках уравнильных пролетов бесстыкового пути позволяет повысить скорость пропуска поездов при возникновении сверхнормативного увеличения зазора в зимнее время в течение суток и в целом увеличить пропускную способность на особогрузонапряженных линиях.

Степень разработанности темы исследования. Решению вопросов повышения стабильности пути на железобетонных шпалах и связанных с этим проблем взаимодействия пути и подвижного состава были посвящены работы известных учёных А.Ю. Абдурашитова, В.Г. Альбрехта, Н.И. Ананьева, И.В. Амеличева, В.Ф. Афанасьева, В.Ф. Барабошина, В.П. Бельтюкова, Л.С. Блажко, Е.М. Бромберга, М.В. Вериги, Ю.Д. Волошко, А.Н. Грановского, В.Н. Данилова, О.П. Ершкова, А.В. Замуховского, А.Ф. Золотарского, В.Б. Каменского, Н.И. Карпущенко, Н.Д. Кравченко, А.Я. Когана, Н.Н. Кудрявцева, В.С. Лысюка, Г.М. Стоянович, В.О. Певзнера, В.В. Серебренникова, В.Ф. Федулова, М.А. Фришмана, Г.М. Шахунянца, В.Я. Шульги, К.Н. Щепотина и других.

Целью диссертационной работы является определение эффективности применения различных видов подшпальных прокладок, укладываемых под подошву шпал при выправке просадок в стыковой зоне в рамках текущего содержания, на основании анализа результатов измерений накопленных деформаций пути с учётом характеристик трудозатрат и показателей стабильности пути.

Задачи исследования:

1. выполнены теоретические и экспериментальные исследования для решения проблем эксплуатации стыков пути на железобетонных шпалах;
2. разработаны и апробированы технические решения по повышению стабильности пути в зоне стыков.

Объектом исследования является железнодорожный путь в зоне рельсовых стыков.

Предметом исследования является применение подшпальных прокладок в процессе обслуживания железнодорожного пути в стыковой зоне для повышения его стабильности.

Научная новизна исследования заключается:

1. в проведенных исследованиях, доказавших возможность применения упругих подшпальных прокладок для выправки просадок в стыках при текущем содержании пути на основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований и эксплуатационных наблюдений, показавших, что применение подшпальных прокладок при текущем содержании пути при пропуске по стыкам до 800 млн. тонн брутто и более не требует промежуточных выправок пути;

2. в проведении исследований, показавших, что применение при текущем содержании пути упругих подшпальных прокладок для выправки стыков, позволяет снизить уровень вертикальных сил действующих на путь в стыковой зоне от 22 % в зависимости от жёсткости прокладок и ускорений на стыковых шпалах до 64 %;

3. в получении зависимости остаточных осадок пути от пропущенного тоннажа в зоне рельсовых стыков с уложенными подшпальными прокладками.

Теоретическая значимость работы определяется расчетно-экспериментальным обоснованием целесообразности применения упругих подшпальных прокладок в стыковой зоне на железобетонных шпалах.

Практическая значимость работы:

1. Предложены решения по снижению деформаций в стыковой зоне пути на железобетонных шпалах, за счёт укладки упругих прокладок под подошву шпал при выправке просадок до 14 мм при текущем содержании пути.

2. Обоснована возможность применения упругих подшпальных прокладок в стыках на железобетонных шпалах для повышения скорости пропуска поездов по зазору в стыке до 32 мм с 25 км/ч до 40 км/ч.

3. Разработан график распределения работ при выправке просадок в стыках на железобетонных шпалах с укладкой упругих прокладок.

4. Подтверждена возможность применения упругих подшпальных прокладок для устройства переходных по жесткости участков от безбалластного пути к типовой конструкции.

5. Утверждена временная инструкция по применению прокладок подшпальных при текущем содержании пути.

Методология и методы исследования. Для решения сформулированных задач использованы современные методы научного исследования. Теоретические исследования проведены с использованием аналитических и численных методов, а также с применением моделирования. Экспериментальные исследования проведены на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ».

Положения, выносимые на защиту:

1. Обоснование возможности применения подшпальных прокладок различной жесткости в зоне стыка на железобетонных шпалах при текущем содержании пути, с учётом анализа отечественного и зарубежного опыта и на основе экспериментальных и расчетных данных по изменению осадок пути и их интенсивности от пропущенного тоннажа, а также по уровню вертикальных сил и ускорений на шпалах.

2. Результаты экспериментальных исследований по выбору характеристик упругих подшпальных прокладок для применения при текущем содержании пути на основе эксплуатации в условиях Экспериментального кольца, позволяющих отследить процесс накопления остаточных осадок.

3. Обоснование возможности повышения скорости пропуска поездов по зазору в стыке до 32 мм при применении упругих подшпальных прокладок в стыках на железобетонных шпалах.

Степень достоверности и апробация работы. Достоверность результатов исследования подтверждается сходимостью результатов математического моделирования с данными, полученными в ходе экспериментальных исследований и полигонных испытаний. Полученные результаты согласуются с результатами исследований, полученных ранее другими специалистами.

Материалы, составляющие диссертационную работу, доложены и одобрены на XII Международной научно-технической конференции «Современные проблемы проектирования строительства и эксплуатации» МГУПС (МИИТ), г. Москва, 2015 г., на XVIII Международной научно-технической конференции «Современные проблемы проектирования строительства и эксплуатации» РУТ (МИИТ), г. Москва, 2021 г.

Внедрение результатов исследований. Утверждена «Временная инструкция по применению прокладок подшпальных при текущем содержании пути» распоряжением главного инженера Центральной дирекции инфраструктуры – филиала ОАО «РЖД» М.М. Старовойтова от 30.07.2020 № ПКБ И-66.

Структура и объём работы. Работа включает в себя введение, 4 главы, заключение, список литературы и приложения. Общий объём составляет 116 страниц, содержит 32 таблицы и 32 рисунка. Список литературы состоит из 84 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении отражены проблемы технического обслуживания железнодорожного пути в связи с развитием тяжеловесного движения и увеличением пропускной и провозной способности и обосновывается необходимость проведения дальнейших исследований для решения вопросов минимизации скорости расстройств пути в зоне стыков, где они развиваются наиболее интенсивно.

В первой главе проведён анализ отечественного и зарубежного опыта технического обслуживания пути для обеспечения длительной стабильности пути при организации тяжеловесного движения.

Решение вопросов повышения стабильности пути на железобетонных шпалах является одной из важных задач в области железнодорожного транспорта.

Анализ зарубежного опыта и, в частности, исследования, проведённые австрийской компанией Getzner, показал, что укладка подшпальных упругих прокладок позволяет значительно снизить уровень деформации пути. Снижение деформации достигается благодаря следующим факторам:

- 1) осевое давление от подвижного состава передается на большее количество шпал по сравнению с типовой конструкцией пути;
- 2) увеличивается площадь контакта между шпалой и щебёночным балластом;
- 3) снижается динамическая нагрузка на щебень и уровень вибрации в балластном слое.

На участках с уложенными подшпальными прокладками в стыковой зоне отмечено значительное замедление темпа роста просадок даже на участках с меньшей толщиной балластного слоя.

При этом на российских железных дорогах при текущем содержании пути упругие подшпальные прокладки не используются, что подтверждает актуальность темы настоящего исследования.

Во второй главе описаны полигонные испытания на Экспериментальном кольце упругих прокладок разной толщины и жесткости. Исходя из предварительных расчетов основных характеристик упругих прокладок и в результате анализа результатов предварительных лабораторных испытаний, проведенных на заводе-изготовителе упругих прокладок, были выбраны прокладки четырех жесткостей в диапазоне от 30 кН/мм до 40 кН/мм, характеристики которых приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики упругих прокладок

Размеры, мм	Жесткость, кН/мм
1000x250x20	36,00
1000x250x20	30,24
1000x250x14	40,29
1000x250x8	32,59

При выправке просядок пути 12-14 мм под стыковые шпалы были уложены упругие прокладки по 2 штуки с каждой стороны стыка. Опытный участок состоит из 6 стыков с уложенными под шпалы упругими амортизаторами и стыков типовой конструкции (рисунок 1).

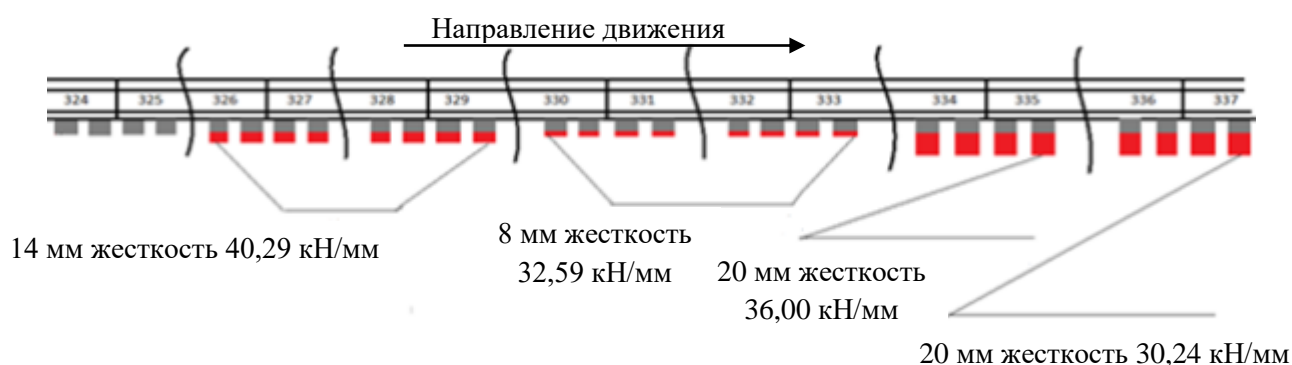


Рисунок 1 – Схема укладки подшпальных прокладок

В соответствии с программой испытаний по 2-му кольцевому пути эксплуатировался грузовой состав весом до 8 тысяч тонн, состоящий из грузовых полувагонов с осевой нагрузкой 23,5-25 т на ось, при ежедневной наработке тоннажа 1 – 1,2 млн. тонн брутто.

В процессе проводимых испытаний осуществлялось обследование опытного участка с проведением замеров ширины колеи, возвышения наружного рельса, величины стыковых зазоров и просядок пути.

Один раз в месяц состояние пути опытного участка проверялось измерительными комплексами КВЛП. Анализ ведомостей проходов вагонов-путеизмерителей показал, что состояние опытного участка с уложенными подшпальными прокладками оставалось стабильным длительный промежуток времени. Выкопировки из ленты прохода вагона-путеизмерителя состояния опытного участка пути после пропуска 500 млн. т. брутто приведена на рисунке

2(стык 324/325 – типовой конструкции; опытные стыки: 326/327, 328/329, 330/331, 332/333, 334/335, 336/337).

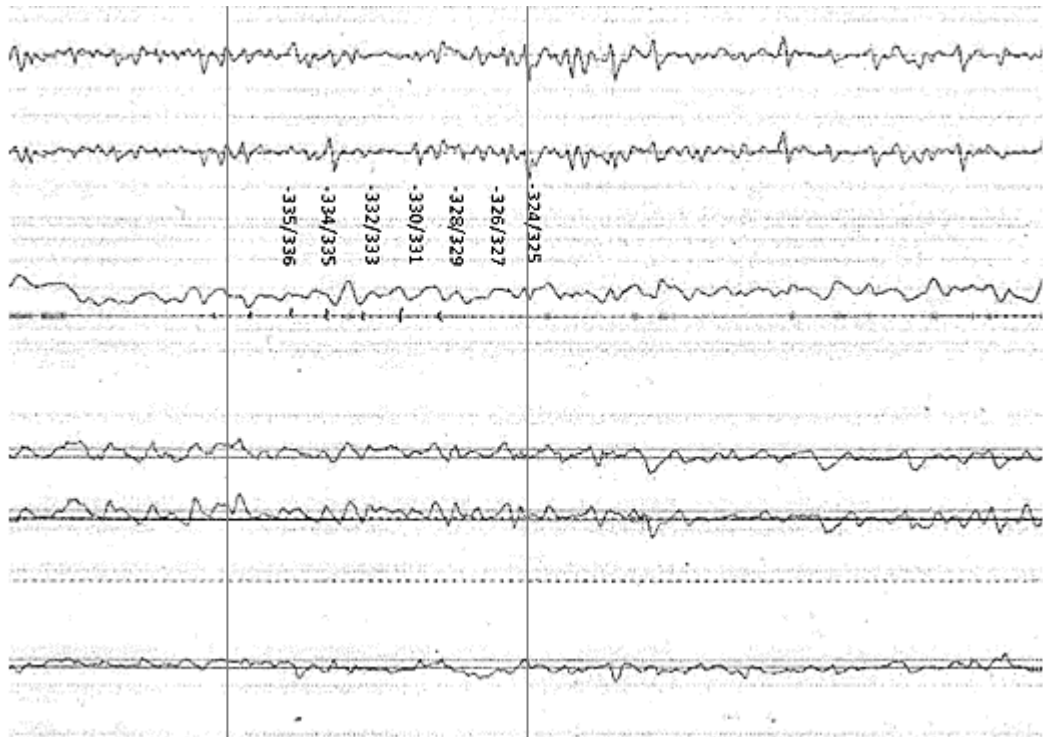


Рисунок 2 –Состояние опытного участка пути

В ходе проводимых исследований через каждые 100 млн. т. брутто пропущенного тоннажа, проводились измерения положения пути в продольном профиле в стыковых зонах опытного участка. График накопления осадок отображен на рисунке 3.

Аппроксимация значений, полученных в ходе измерений, позволяет записать выражения, устанавливающие зависимость накопления осадок от пропущенного тоннажа для типового стыка, в виде следующих квадратичных функций:

$$y = -7 \cdot 10^{-6}x^2 + 0.0174x + 1.449 \text{ – по правой нити;} \quad (1)$$

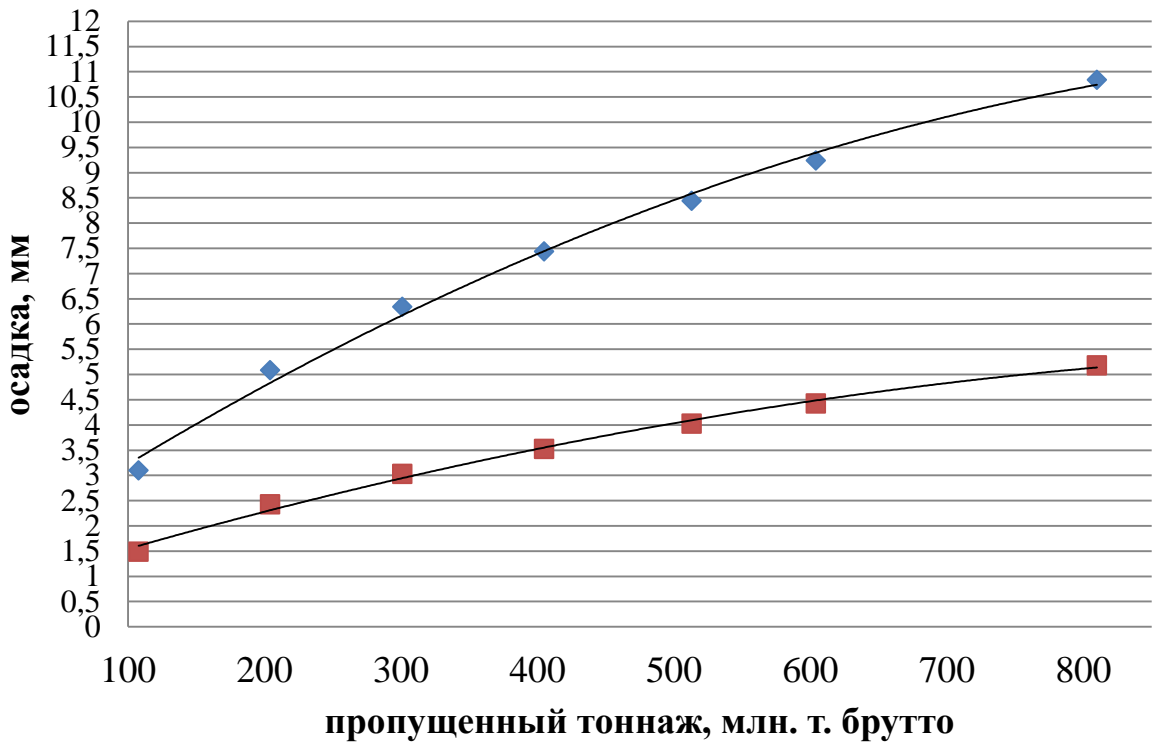
$$y = -8 \cdot 10^{-6}x^2 + 0.0179x + 1.5143 \text{ – по левой нити;} \quad (2)$$

и для стыка с уложенными подшпальными прокладками жесткостью 40,29 кН/мм:

$$y = -3 \cdot 10^{-6}x^2 + 0.0079x + 0.8452 \text{ – по правой нити;} \quad (3)$$

$$y = -4 \cdot 10^{-6}x^2 + 0.0085x + 0.7356 \text{ – по левой нити.} \quad (4)$$

Накопление осадок в диапазоне 100-800 млн.т.брутто



◆ типовой стык 324/325 ■ 14 мм жесткость 40,29 кН/мм стык 326/327

Рисунок 3 – Накопление осадок пути

Результаты проведенных измерений показывают более стабильное состояние стыков с уложенными под подошву шпал упругими прокладками. После пропуска 600 млн. т. брутто уровень головки рельса типового стыка 324/325 изменился на 9 мм, а в стыке 326/327 с уложенными прокладками толщиной 14 мм и жесткостью 40,29 кН/мм, изменился всего на 4,5 мм по обеим нитям, что в два раза меньше чем на типовом стыке. Далее процесс осадки практически прекратился.

Полученные результаты были сопоставлены с результатами проведенных во ВНИИЖТе теоретических исследований зависимости накопления осадок от пропущенного тоннажа, основанных на следующей математической модели:

$$\delta(T) = \frac{P_0 \cdot l^3}{6 \cdot E \cdot j_z} \cdot \left(1 - \exp\left(\frac{-3 \cdot k \cdot E \cdot j_z \cdot B \cdot T}{A \cdot l^3}\right) \right), \quad (5)$$

$$\text{где } k = \sqrt[4]{\frac{U}{4 \cdot E \cdot I}},$$

P_0 – нагрузка на нулевую шпалу;

E – модуль упругости рельсовой стали;

A – модуль упругости подбалластного основания;

j_z – момент инерции рельса Р65;

l – предельная длина изгиба;

B – коэффициент перевода упругих деформаций в остаточные;

T – пропущенный тоннаж;

k – коэффициент относительной жесткости рельсового основания и рельса.

Модуль упругости пути (U), входящий в расчет, был определен по приведенной жесткости подшпального основания при наличии упругих подшпальных прокладок. Из рисунка 4 видно, что данные по зависимости накопления осадок от пропущенного тоннажа, полученные расчетом и в результате эксперимента, по характеру идентичны.

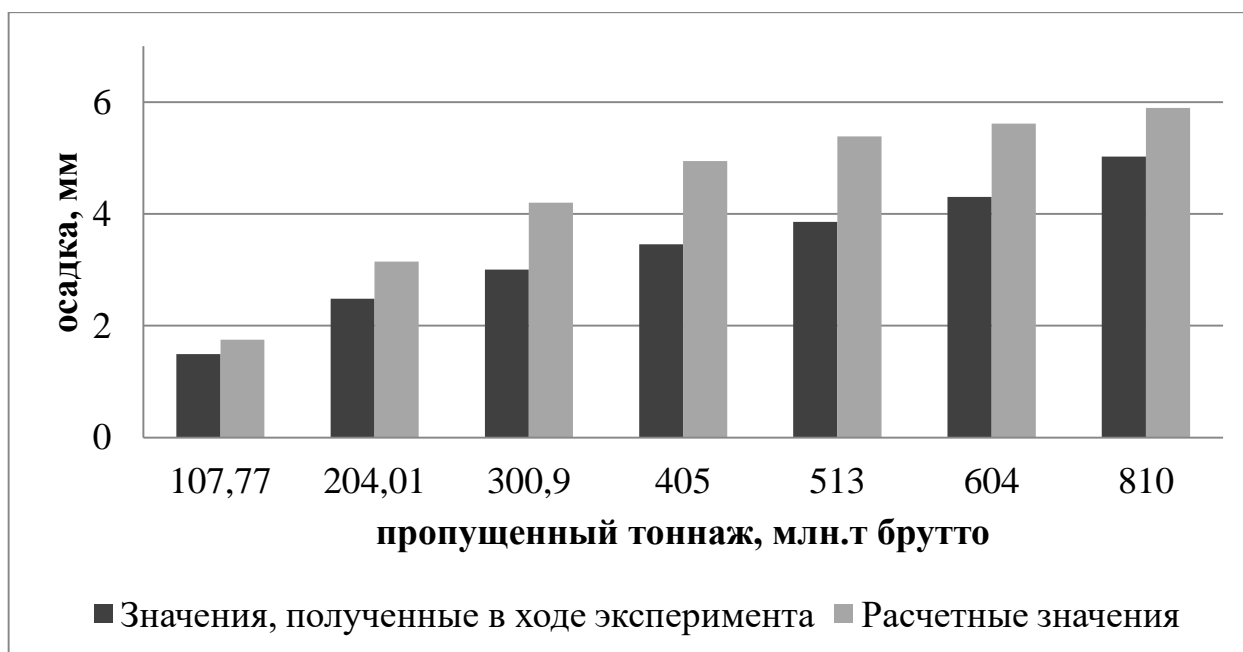


Рисунок 4 – Сравнение расчетных и экспериментальных значений накопления осадок на пути с подшпальными прокладками жесткостью 40,29 кН/мм

В процессе исследований проводились измерения остаточной осадки пути в стыках опытного участка по правой и левой нитям. Диаграммы остаточной осадки

пути в стыках при различной жесткости прокладок для значений пропущенного тоннажа 405 млн. тонн брутто и 810 млн. тонн брутто показаны на рисунке 5.

Анализ диаграмм остаточной осадки пути от пропущенного тоннажа показывает, что в типовом стыке 324/325 после пропуска 400 млн. т. брутто значение остаточной осадки пути составляет 7,3 мм, что значительно больше, чем в стыках с уложенными под шпалу прокладками разной толщины и жёсткости. Из всех уложенных под шпалы прокладок максимальные значения остаточных осадок пути отмечены в стыках с уложенными прокладками толщиной 20 мм и с жесткостью 30,24 кН/м – 5,5 мм, стык 336/337. Минимальные остаточные осадки, зафиксированы в стыках при толщине уложенных прокладок 14 мм, и с жесткостью 40,29 кН/м – 3,4 мм.

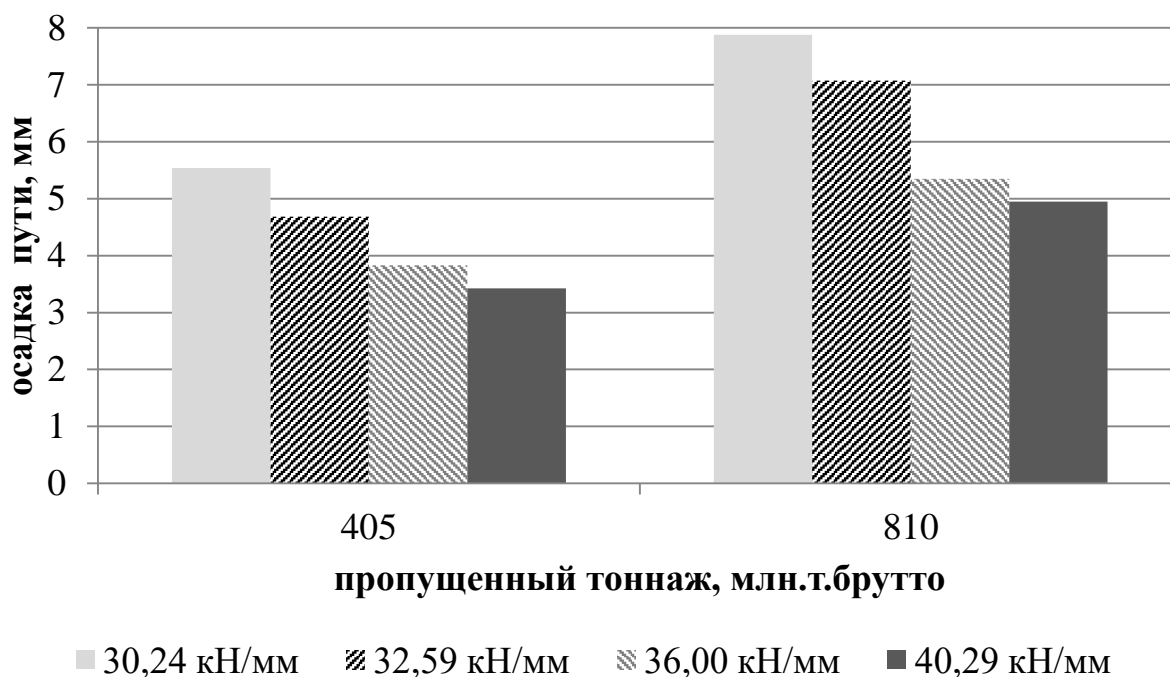


Рисунок 5 – Диаграммы остаточных осадок пути в стыках при различной жесткости подшпальных прокладок для тоннажа 405 млн. тонн брутто и 810 млн. тонн брутто

После пропуска 810 млн. т. брутто был проведён комиссионный осмотр состояния опытного участка пути с изъятием подшпальных прокладок. По результатам осмотра было отмечено, что после пропуска тоннажа более 800 млн. т брутто состояние опытного участка пути остаётся стабильным. Был проведён осмотр и замеры изъятых из пути упругих прокладок. Результаты

обследования показали, что изъятые прокладки сохранили толщину в пределах 0,3 мм.

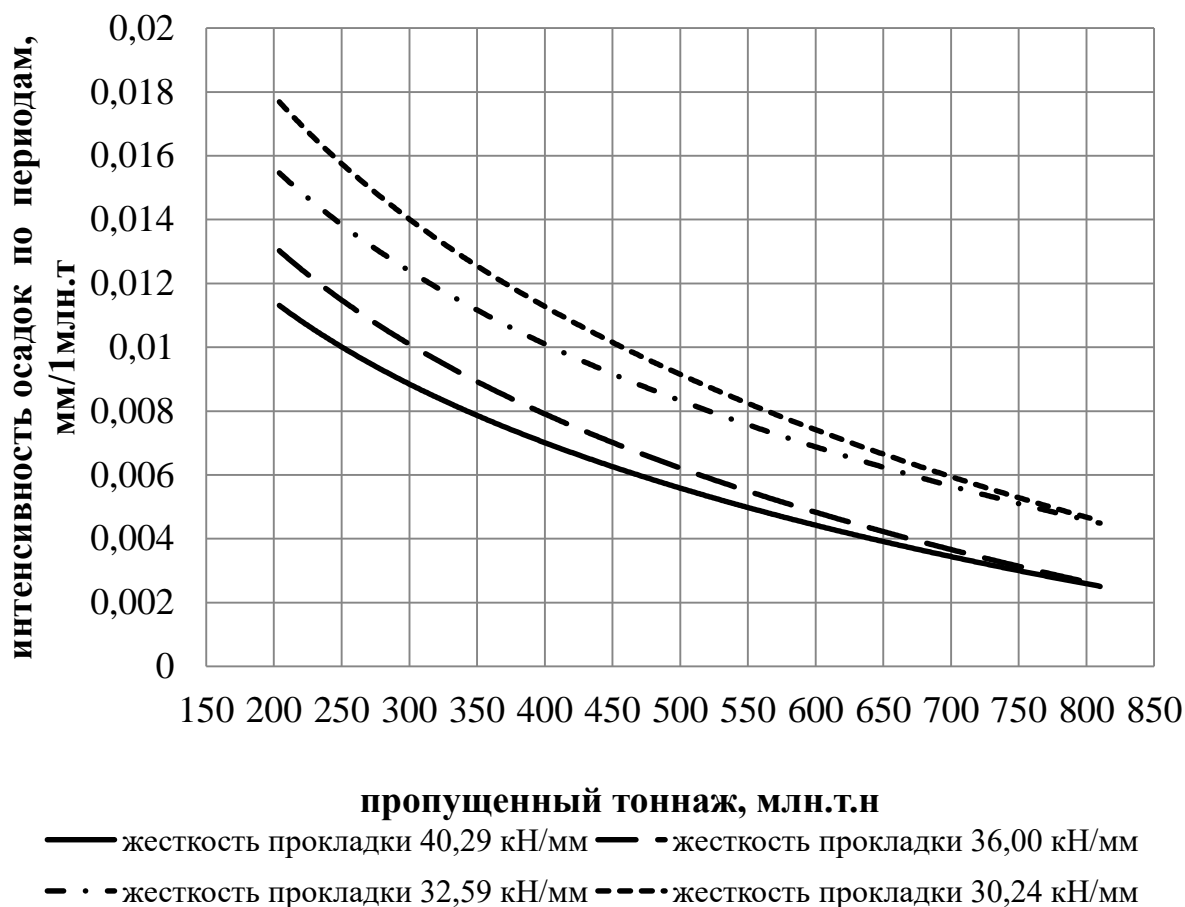


Рисунок 6 – Зависимость интенсивности остаточных осадок пути от пропущенного тоннажа для прокладок разной жесткости

Зависимости интенсивности остаточных осадок пути от пропущенного тоннажа могут быть описаны логарифмическими функциями и имеют вид:

– с применением подшпальных прокладок жесткостью 40,29 кН/мм

$$y = -0.006\ln(x) + 0.0452; \quad (6)$$

– с применением подшпальных прокладок жесткостью 36,00 кН/мм

$$y = -0.008\ln(x) + 0.0534; \quad (7)$$

– с применением подшпальных прокладок жесткостью 32,59 кН/мм

$$y = -0.008\ln(x) + 0.0578; \quad (8)$$

– с применением подшпальных прокладок жесткостью 30,24 кН/мм

$$y = -0.011\ln(x) + 0.0684. \quad (9)$$

На основании накопленного опыта проведения работ по выправке пути на Экспериментальном кольце разработан технологический процесс по укладке упругих прокладок под подошву железобетонных шпал (таблица 2). Подобная технология выправки неисправностей пути ранее не применялась.

Таблица 2– График распределения работ при выправке просядок в стыках на железобетонных шпалах укладкой упругих прокладок

Наименование работ	Время в минутах на 12 концов шпал									
	7,31	5,69	50,7	15,24	70,8	2,05	1,50	5,70	1,94	22,8
Очистка креплений от грязи	1-2									
Подбор и раскладка регулировочных прокладок на концы шпал		1-2								
Смазка и подтягивание гаек			1-2							
Уплотнение щебня в шпальных ящиках				1-2						
Удаление щебеночного балласта от торцов шпал					1-2					
Установка гидравлического домкрата под подошву рельса с подготовкой места установки						1-2				
Вывешивание рельсо-шпальной решетки							1-2			
Укладка упругих прокладок								1-2		
Опускание решетки, снятие домкрата с заравниванием балласта									1-2	
Оправка балластной призмы										1-2

Разработанная технология выправки пути была использована при эксплуатации на Экспериментальном кольце безбалластной конструкции LVT.

Для выправки профильных просадок на переходном участке были применены подшпальные упругие прокладки, что позволило снизить разрушение щебеночного слоя и стабилизировать состояние пути.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности выправки просадок в стыках с помощью упругих подшпальных прокладок на участках сети, где применяется звеньевой путь на железобетонных шпалах. И, исходя из необходимости обеспечения стабильности пути в зоне рельсового стыка и наилучших свойств по снижению интенсивности накопления осадок пути, следует отметить рациональность применения прокладок с жесткостью 40,3 кН/мм.

В третьей главе описаны проведенные расчетно-экспериментальные исследования влияния подшпальных прокладок на показатели динамического воздействия подвижного состава на путь в стыковой зоне.

На первом этапе были проведены исследования по моделированию и расчету вертикальных сил, действующих на железнодорожный путь, в стыковой зоне при типовой конструкции стыка и при наличии подшпальных прокладок.

С целью оценки влияния применения подшпальных прокладок на показатели взаимодействия пути и подвижного состава был проведен модельный эксперимент в программном комплексе «Универсальный механизм» - стандартизированной программе, в которой возможно изменять жесткостные характеристики модели пути с применением встроенного модуля «Упругий путь».

В результате математического моделирования были рассчитаны вертикальные силы и вертикальные прогибы рельса под колёсами при движении вагона по пути без стыков с подшпальными прокладками различной жёсткости. Связь между рассчитанными на модели прогибами целого рельса u_p и прогибами рельса со стыком $u_{ст}$ была установлена через коэффициент γ по формуле, предложенной профессором В.Н. Даниловым.

$$\gamma = \frac{y_{ст} - y_p}{P} \cdot \frac{8El}{l^2}, \quad (10)$$

где γ - коэффициент, устанавливающий связь между прогибами целого рельса (y_p) и рельса со стыком ($y_{ст}$);

P – вертикальная сила, действующая от колеса на рельс, кгс;

E – модуль упругости рельсовой стали, кг/см²;

I – момент инерции рельса, см⁴;

l – длина межшпального расстояния, см.

Соотношения прогибов рельсов в стыке были рассчитаны для пути без подшпальных прокладок и с подшпальными прокладками различной жесткости и использованы для расчетов вертикальных сил, действующих от колеса на рельс в стыке. Результаты расчетов представлены на диаграмме (рисунок 7).

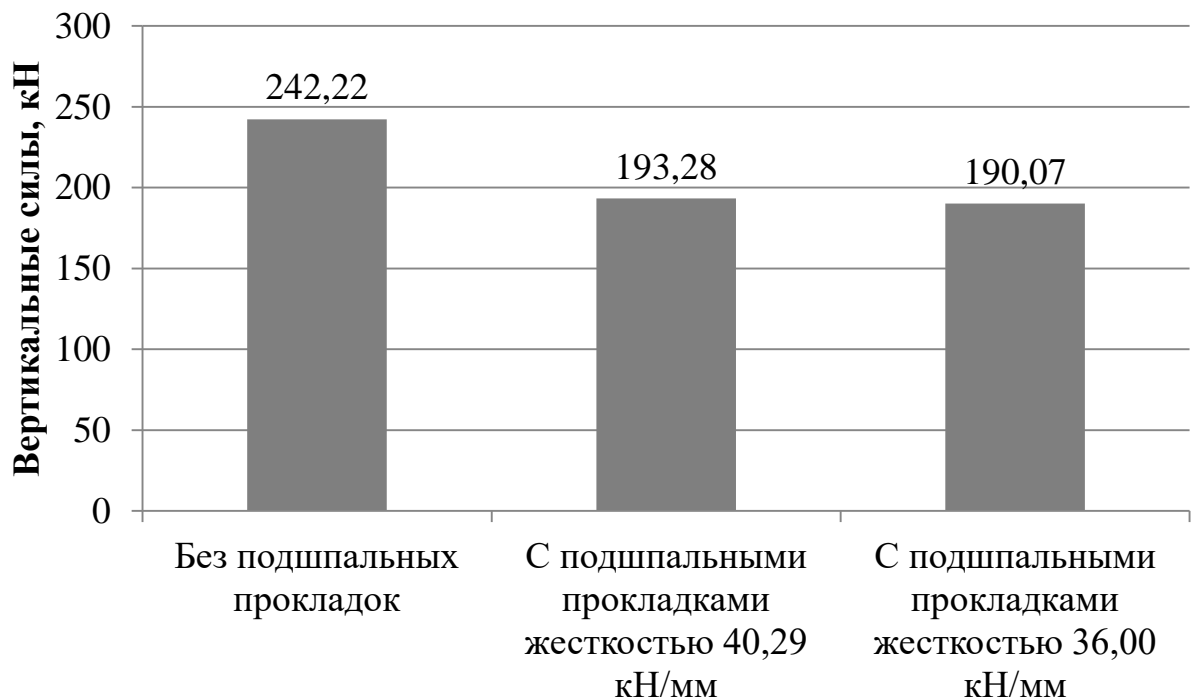


Рисунок 7 – Значения вертикальных сил, полученные в процессе моделирования движения вагона по пути в стыковой зоне

На рисунке 7 заметна незначительная разница показателей силового взаимодействия пути и подвижного состава для моделей с прокладками жесткостью 40,29 кН/мм и с прокладками жесткостью 36,00 кН/м (3 кН). При этом, полученные результаты демонстрируют снижение расчетного уровня вертикальных сил при математическом моделировании движения вагона по пути с

наличием подшпальных прокладок, по сравнению с движением по типовой конструкции пути без прокладок под шпалой на 22% (50 кН) (рисунок 7), что позволяет сделать вывод о возможности использования подшпальных прокладок при текущем содержании верхнего строения пути для улучшения показателей взаимодействия пути и подвижного состава.

Для верификации расчетов были использованы результаты экспериментов, проведенных на Экспериментальном кольце В.Ф. Барабошиным, в которых были определены силы, действующие на шпалы в зоне стыка. На принимающей шпале им были получены значения сил равные 110 кН, что удовлетворительно коррелируется с силами, найденными по результатам расчетов. Принимая на основании опыта, что на шпалу под нагрузкой действует 40% от вертикальной силы, получим расчетную нагрузку на шпалу, порядка 100кН.

Для сравнительной оценки нагрузок, передаваемых железобетонными шпалами на балласт, было принято решение провести замеры ускорений в зоне типовых стыков и стыков с уложенными под шпалы упругими амортизаторами.

Экспериментальные исследования проводились на 2-м кольцевом пути Экспериментального кольца ВНИИЖТ, в кривой радиусом R 860 м, рельсы типа Р65, шпалы железобетонные, крепления КБ65. Для проведения исследований был подготовлен опытный участок с тремя разными конструкциями стыков:

- типовая конструкция стыка;
- типовой стык с подшпальными прокладками (жесткость —40,29 кН/мм);

Для того, чтобы не нарушать слежавшуюся постель железобетонных шпал, измерительные приборы (акселерометры) закреплялись на железобетонных шпалах в засверленные отверстия по обоим концам шпал. Тип акселерометров НВМВ12/500. На каждом из видов стыков измерения ускорений производилось на двух шпалах под принимающим рельсом (шпала № 2, 3) (рисунок 8).

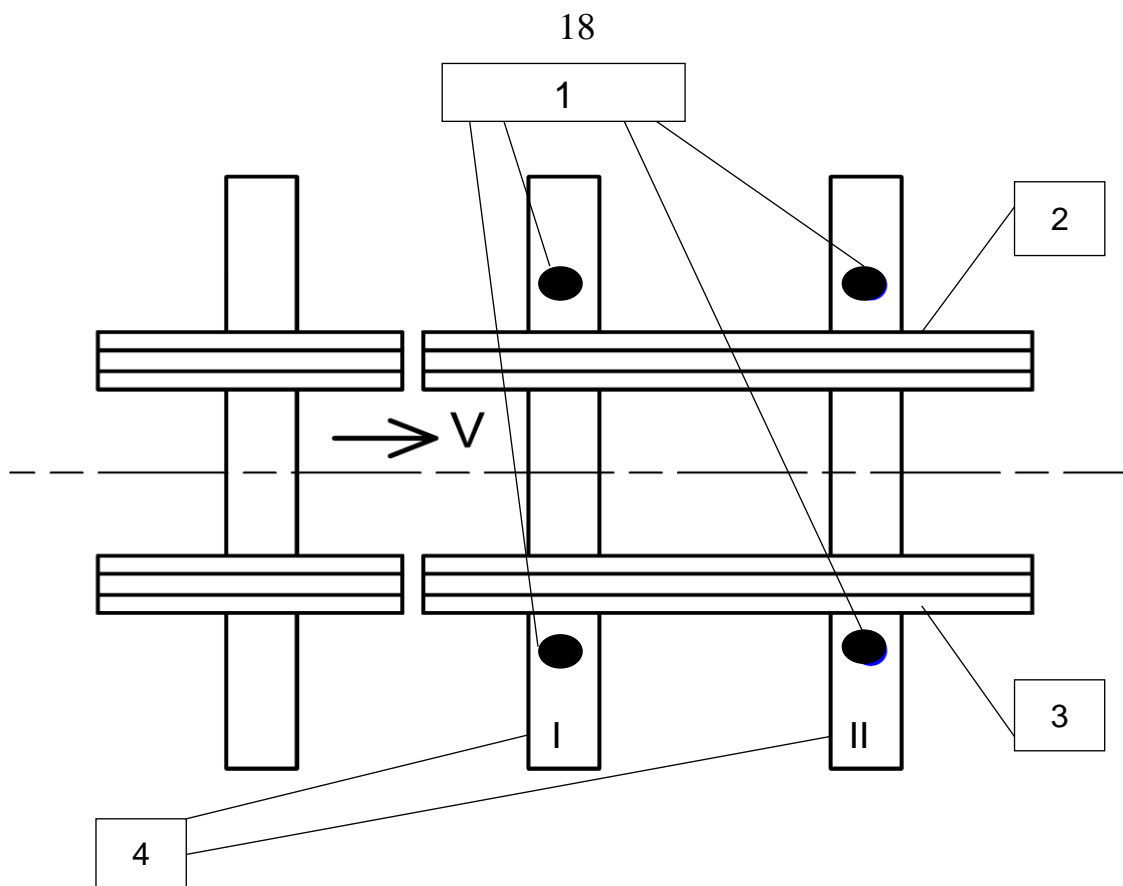


Рисунок 8 – Схема расположения приборов на участке:

1 – акселерометры; 2 – наружный рельс; 3 – внутренний рельс; 4 – принимающие шпалы (первая и вторая)

На каждую шпалу устанавливалось по 2 акселерометра у наружного и внутреннего рельсов. Измерение ускорений на шпалах проводилось при проходе по опытному участку грузового состава состоящего из восьмиосного электровоза ВЛ80с и 10 грузовых полувагонов с нагрузкой 23,5 т. на ось при движении со скоростями 25 км/ч, 40 км/ч и 60 км/ч. Измерения сигналов производилось системой Spider8 с несущей частотой 4,8 кГц при частоте оцифровке до 600 Гц.

В качестве сравнительных характеристик типового стыка и стыка с упругой подшпальной прокладкой были использованы ускорения на первой принимающей шпале. Для типового стыка среднее значение ускорений составило $313,0 \text{ м/с}^2$, а для стыка с упругой прокладкой – $139,9 \text{ м/с}^2$.

На рисунке 9 представлены зависимости ускорений в типовом стыке и стыке с упругими прокладками под второй (принимающей) шпалой от скорости. Зависимости, представленные на рисунке 9, описаны для диапазона скоростей от 25 км/час до 60 км/час.

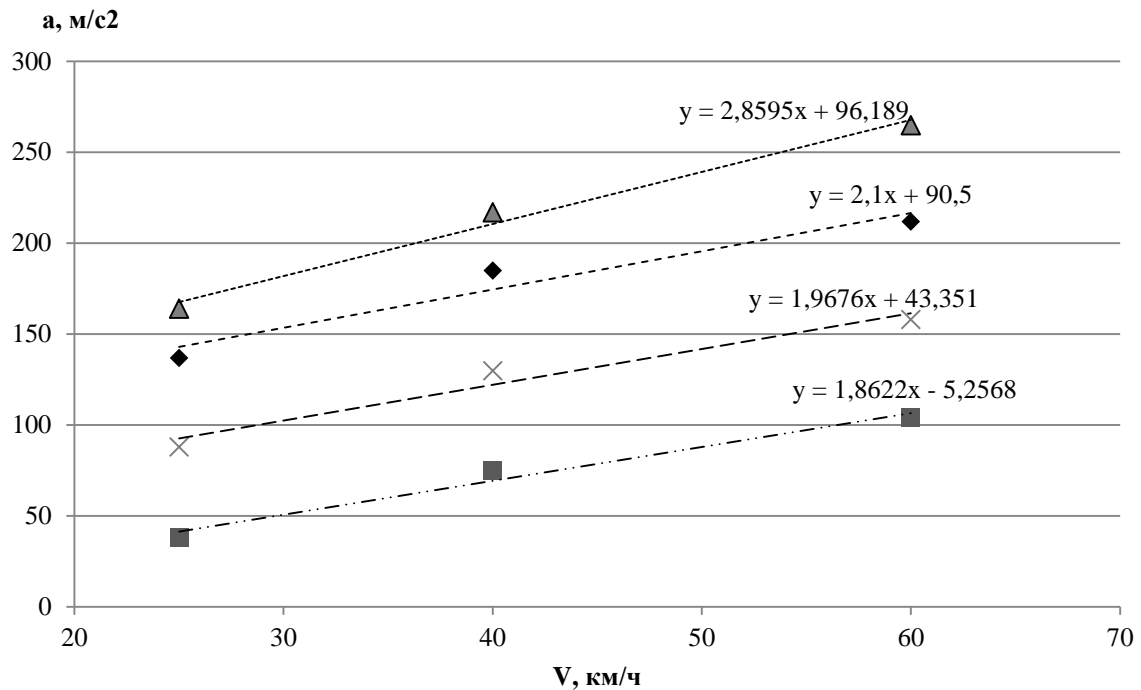


Рисунок 9 – Ускорения на второй (принимающей) шпале.

Внутренний рельс: \blacklozenge – типовой стык (средние значения ускорений);

\blacksquare – типовой стык с упругой прокладкой (средние значения ускорений);

\blacktriangle – типовой стык (максимальные значения ускорений); \times – типовой стык с упругой прокладкой (максимальные значения ускорений); 1 – линейная аппроксимация средних значений ускорений в типовом стыке; 2 – линейная аппроксимация средних значений ускорений в типовом стыке с упругой прокладкой; 3 – линейная аппроксимация максимальных значений ускорений в типовом стыке; 4 – линейная аппроксимация максимальных значений ускорений в типовом стыке с упругой прокладкой

Расчетные значения вертикальных сил в типовом стыке в 1,27 раза выше, чем в стыке с подшпальными прокладками, значение ускорений, полученных при проведении экспериментов, в типовом стыке по максимальным значениям на второй принимающей шпале выше в 1,74 раза, чем в стыке с упругими прокладками под шпалой. Таким образом, полученные соотношения позволяют дать косвенную оценку сходимости расчетных и экспериментальных данных.

На рисунке 10 приведены зависимости напряжений от скорости. Как следует из рисунка 10 увеличение скорости с 25 до 40 км/ч при зазоре до 32 мм не приводит к росту напряжений в накладках при наличии упругих прокладок под шпалами.

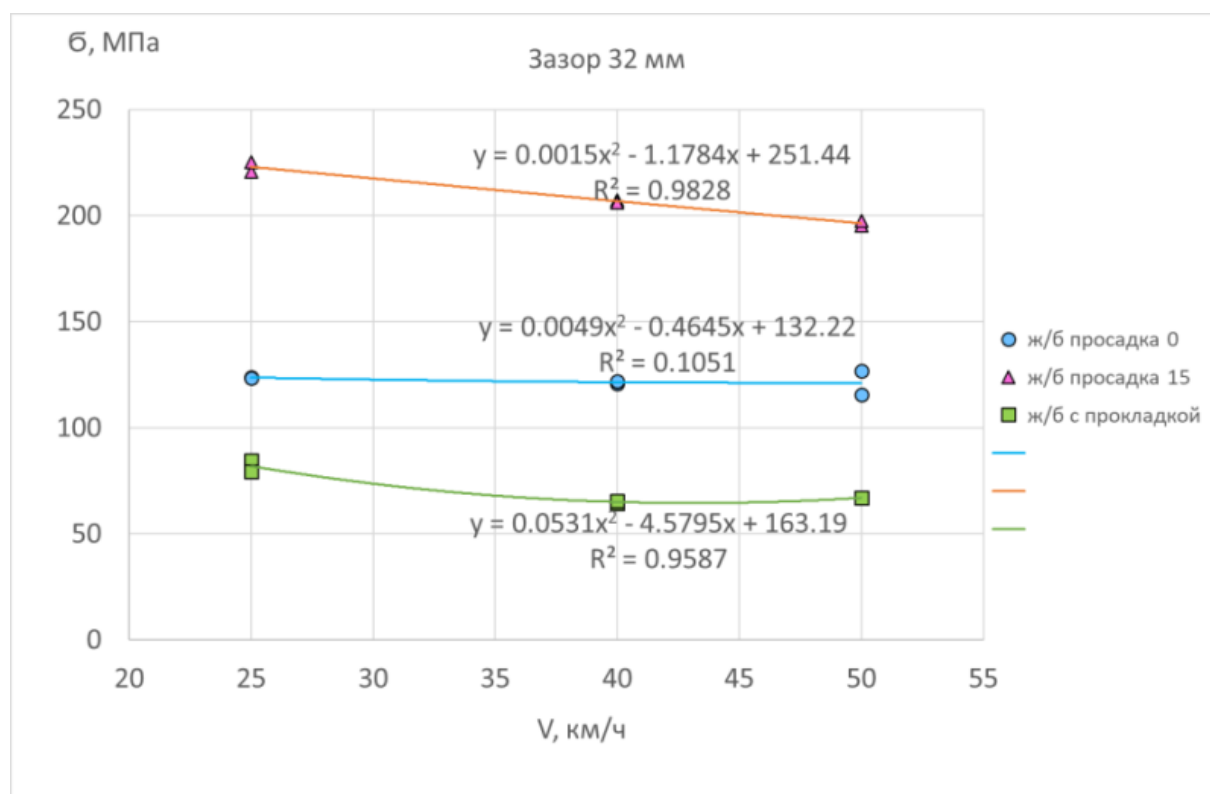


Рисунок 10 – Зависимости напряжений от скорости при зазоре в стыке 32 мм

Таким образом, можно констатировать, что применение упругих прокладок в стыках на железобетонных шпалах позволяет повысить скорость пропуска поездов по зазору в стыке до 32 мм с 25 км/час до 40 км/час.

В четвертой главе описана проведённая сравнительная оценка экономической эффективности выполнения работ по выправке пути электрошпалоподбойками с укладкой упругих прокладок под подошву шпал.

Проведённые технико-экономические расчёты имеют своей целью показать, что способ выправки пути с укладкой упругих прокладок под шпалы является целесообразным и имеет свою эффективную область применения на сети дорог.

Для анализа экономической эффективности способа выправки пути с укладкой упругих подшпальных прокладок были рассмотрены варианты при грузонапряжённости 50, 100 и 150 млн. тонн брутто в год (рисунок 11).

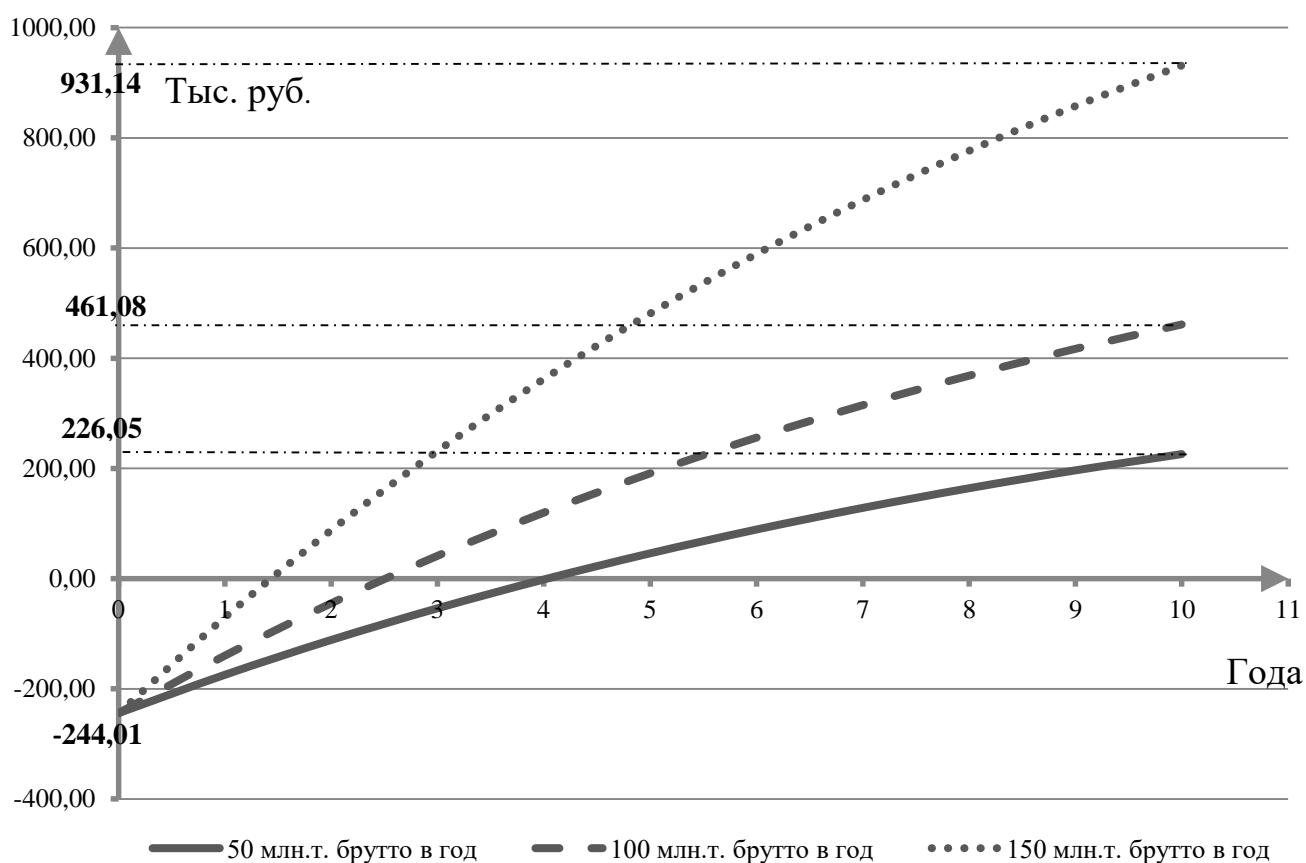


Рисунок 11 –Срок окупаемости укладки упругих прокладок под шпалы в стыках

Экономический эффект от применения подшпальных прокладок при выправке стыков уравнительных пролетов бесстыкового пути при грузонапряженности 50 млн. т. брутто в год достигается на пятый год эксплуатации, при грузонапряженности 100 млн. т. брутто на третий год эксплуатации, при грузонапряженности 150 млн. т. брутто на второй год эксплуатации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Доказана возможность применения упругих подшпальных прокладок для выправки просадок в стыках на железобетонных шпалах на особогрузонапряженных линиях.

2. Доказана возможность пропуска более 800 млн. т. без дополнительной выправки после укладки упругих подшпальных прокладок для устранения просадок глубиной до 14 мм.

3. Доказана стабильность геометрических и жесткостных характеристик упругих подшпальных прокладок после пропуска тоннажа 800 млн. тонн и более.

4. Обоснован выбор жесткостных характеристики упругих подшпальных прокладок с точки зрения накопления остаточных деформаций – 40,29 кН/мм.

5. Теоретические и экспериментальные исследования показали, что при использовании упругих прокладок в стыковой зоне вертикальные силы, возникающие при взаимодействии пути и подвижного состава по сравнению с типовой конструкцией пути, снижаются в 1,3 раза, а ускорения на принимающих шпалах стыка – в 2,9 раза по средним значениям и в 2,65 раза по максимальным значениям.

6. Применение упругих подшпальных прокладок позволяет повысить скорость пропуска поездов по стыку с зазором до 32 мм с 25 км/час до 40 км/час.

7. Перспективой исследований приведенных в диссертационной работе является оценка возможности дальнейшего повышения скоростей пропуска поездов в зависимости от конструкции стыка и определение рациональных сфер применения разработанной конструкции стыка в разных условиях эксплуатации.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации:**а) публикации в рецензируемых научных изданиях**

1. Певзнер, В.О. Повышение стабильности пути в зоне стыков за счет применения упругих подшпальных прокладок / В.О. Певзнер, М.М. Железнов, В.Н. Каплин, В.В. Третьяков, М.Н. Мысливец, А.С. Томиленко // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2016. – № 3. – С.140-146.

2. Савин, А.В. Результаты испытаний безбалластных конструкций пути на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» / А.В. Савин, В.В. Третьяков, В.Н. Каплин, А.В. Петров, К.И. Третьяков // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта.– 2017. – №4. –С. 195-201.

3. Певзнер, В.О. Выправка пути на щебеночном балласте установкой подшпальных прокладок и пневматическим суфляжем / В.О. Певзнер, В.Н. Каплин, А.А. Абрашитов, А.В. Семак // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2018. – № 2. – С. 104-108.

4. Каплин, В.Н. Повышение стабильности пути в стыках/ В.Н. Каплин // Путь и путевое хозяйство. - 2019. – № 4. – С. 29-31.

5. Каплин, В.Н. Расчетно-экспериментальная оценка влияния использования подшпальных прокладок на показатели динамического воздействия подвижного состава на путь в стыковой зоне / В.Н. Каплин, М.Н. Мысливец, Е.А. Сидорова, Е.А. Полунина // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2019. – № 4. – С. 241 – 248.

б) публикации в других изданиях

6. Каплин, В.Н. Совершенствование конструкции пути с целью снижения интенсивности его расстройств / В. Каплин, К. Шапетько, М. Мыслевец // РСП Эксперт. – 2019. – № 3. – С. 16 – 18.

Каплин Валерий Николаевич

**ТЕКУЩЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ПУТИ В ЗОНЕ РЕЛЬСОВЫХ СТЫКОВ НА
ОСОБО ГРУЗОНАПРЯЖЕННЫХ ЛИНИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ УПРУГИХ
ПОДШПАЛЬНЫХ ПРОКЛАДОК**

2.9.2. Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать _____ 2022 г.
Усл. печ. л. – 1,5

Заказ №

Формат 60x90/16
Тираж 80 экз.

127994, Россия, г. Москва, ул. Образцова, дом 9, стр. 9, РУТ (МИИТ)