

УДК 656.025.2

В. О. ПЕВЗНЕР, доктор технических наук, В. Н. КАПЛИН, начальник Экспериментального кольца, В. В. ТРЕТЬЯКОВ, кандидат технических наук, Е. А. СИДОРОВА, кандидат технических наук, Е. А. ПОЛУНИНА, руководитель группы научного центра «Динамика и прочность тягового подвижного состава», Акционерное общество «ВНИИЖТ», г. Москва

## ПРИМЕНЕНИЕ УПРУГИХ ПОДШПАЛЬНЫХ ПРОКЛАДОК В ЗОНЕ РЕЛЬСОВЫХ СТЫКОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ПУТИ

Приведен анализ основных факторов, влияющих на работу железнодорожного пути в современных условиях эксплуатации, и рассмотрена эффективность применения упругих подшпальных прокладок в зоне рельсовых стыков для повышения стабильности пути на железобетонных шпалах. В статье описаны результаты эксперимента по влиянию применения подшпальных прокладок в зоне стыка на накопление осадок пути, который был проведен на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ». Уделено внимание срокам окупаемости предлагаемых технических решений.

Современные условия эксплуатации инфраструктуры характеризуются рядом факторов, обуславливающих коренное отличие от условий периодов. В их числе, во-первых, появление инновационных вагонов с нагрузкой на ось 25 т против ранее существовавших 23,5 т. Как известно из многочисленных исследований, рост расстройств пути пропорционален росту средних нагрузок на путь в степени 2–4, т. е. воздействие этих вагонов на путь может привести к росту расстройств пути на 13–28 %. Доля таких вагонов в парке уже превышает 20 %.

Вторым по степени влияния фактором является рост масс поездов. При современных видах тяги массы поездов достигают 8–9 т, а двоярных 12–14 тыс. т. Как показали результаты исследований АО «ВНИИЖТ», рост сил, действующих на путь от тяжеловесных поездов, составляет около 10 %.

С точки зрения организации технического обслуживания пути новым фактором является увеличение плотности поездопотока с интервалами между поездами 6–10 мин, что практически исключает возможность выполнения основной массы путевых работ без предоставления «окон».

В наибольшей степени вышперечисленные факторы сказываются на работе пути в зоне стыков, особенно на железобетонных шпалах.

Количество таких стыков в последнее время неуклонно возрастает, т. к. они существуют не только в уравнильных пролетах, на стрелочных переводах и в кривых малых радиусов, но и в местах восстановления плетей бесстыкового пути с постановкой рубок на накладках.

Для оценки возможности повышения стабильности пути в зоне стыков и снижения уровня расстройств на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» на станции Щербинка был организован цикл исследований по оценке эффективности применения упругих подшпальных прокладок [1].

При выправке просянок пути 12–14 мм под стыковые шпалы были уложены упругие амортизаторы по две штуки с каждой стороны стыка. Опытный участок состоит из шести стыков с уложенными под шпалы упругими амортизаторами и одного контрольного стыка типовой конструкции (рисунок 1).

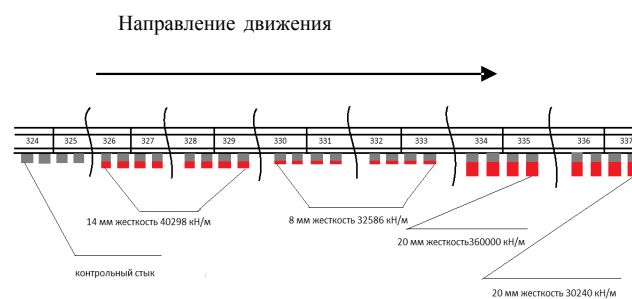


Рисунок 1 – Схема укладки подшпальных прокладок

Характеристики укладываемых прокладок приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики упругих прокладок

Габариты, мм	Модуль сжатия, МПа	Жесткость, кН/м
1000×250×20	1,07	36000
1000×250×20	0,913	30240
1000×250×14	1,128	40298
1000×250×8	0,535	32586

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 т брутто и 810 млн т брутто показаны на рисунке 2.

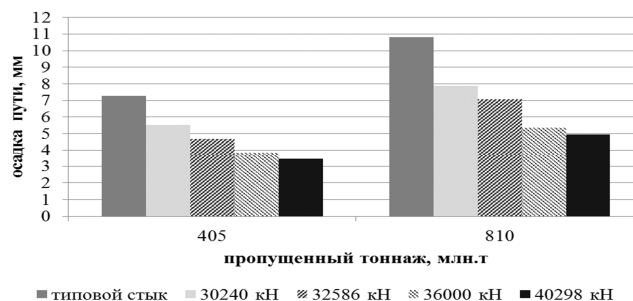


Рисунок 2 – Диаграммы остаточных осадок пути в стыках при различной жесткости подшпальных прокладок для тоннажа 405 млн т брутто и 810 млн т брутто

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 жесткостью 30240 кН/м – 5,5 мм, стык 336/337. Минимальные остаточные осадки зафиксированы в стыках при толщине уложенных прокладок 14 мм, и жесткостью 40290 кН/м – 3,4 мм.

Всего в ходе эксперимента по опытному участку было пропущено 830 млн т в ходе движения состава массой около 8000 т, состоящего из полувагонов с осевой нагрузкой 23,5–25 тс при ежедневной наработке тоннажа 1–1,2 млн т брутто.

За весь период наблюдений никаких работ по выправке опытных стыков не проводилось, кроме подтяжки стыковых болтов.

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.

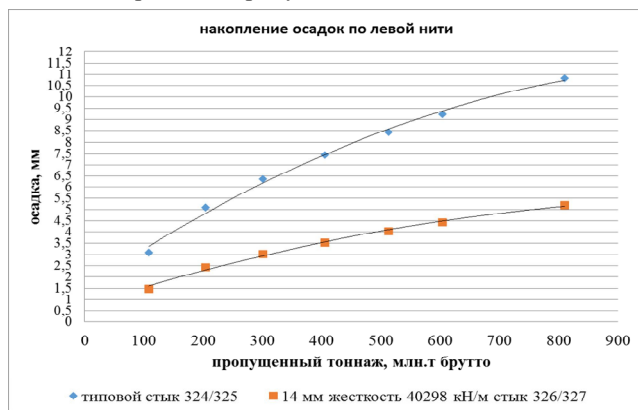


Рисунок 3 – Накопление осадок пути

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

Для 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 АО «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;
- сварной стык с подшпальными прокладками.

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 4) [2].

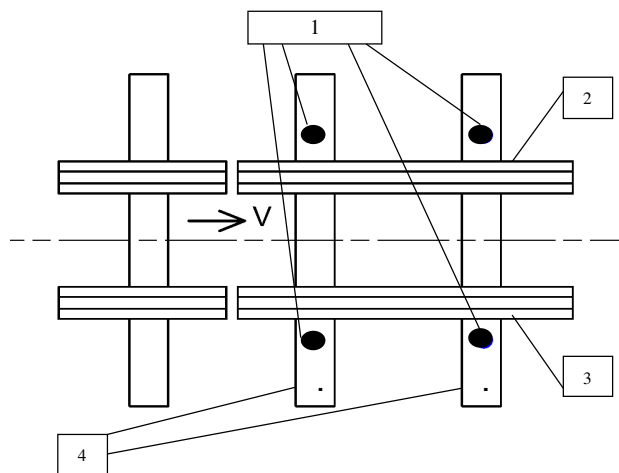


Рисунок 4 – Схема расположения приборов на участке: 1 – акселерометры; 2 – наружный рельс; 3 – внутренний рельс; 4 – принимающие шпалы (первая и вторая)

На каждую шпалу устанавливалось по два акселерометра у наружного и внутреннего рельсов. Измерение ускорений на шпалах проводились 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, 40 и 60 км/ч. Измерения сигналов производились системой Spider8 с несущей частотой 4,8 кГц при частоте оцифровки 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 м/с<sup>2</sup>, а для типового стыка с упругой прокладкой – 139,9 м/с<sup>2</sup>.

На рисунках 5, 6 представлены зависимости ускорений в типовом стыке и стыке с упругими прокладками под шпалами от скорости. Зависимости, представленные на рисунках 9 и 10, описаны для диапазона скоростей от 25 до 60 км/ч.

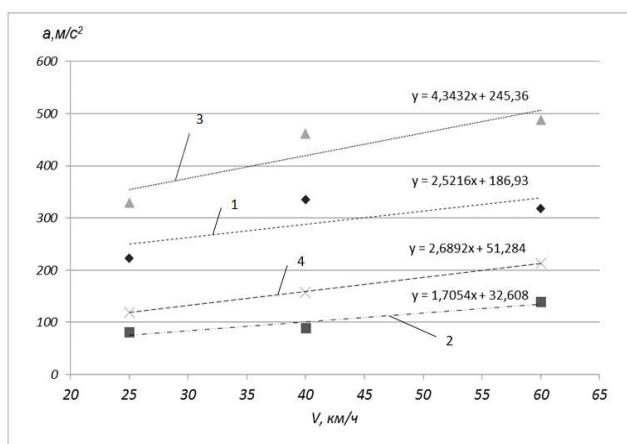


Рисунок 5 – Ускорения на первой (принимающей) шпале. Внутренний рельс: ◆ – типовой стык (средние значения ускорений); ■ – типовой стык с упругой прокладкой (средние значения ускорений); ▲ – типовой стык (максимальные значения ускорений); × – типовой стык с упругой прокладкой (максимальные значения ускорений); 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

Таблица 2 – График распределения работ при выправке просядков в стыках железобетонных шпал укладкой упругих

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 болтов шпальных ящиков				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 рельса, снятие домкрата с заравниванием балласта									1-2	
Оправка балластной призмы										1-2

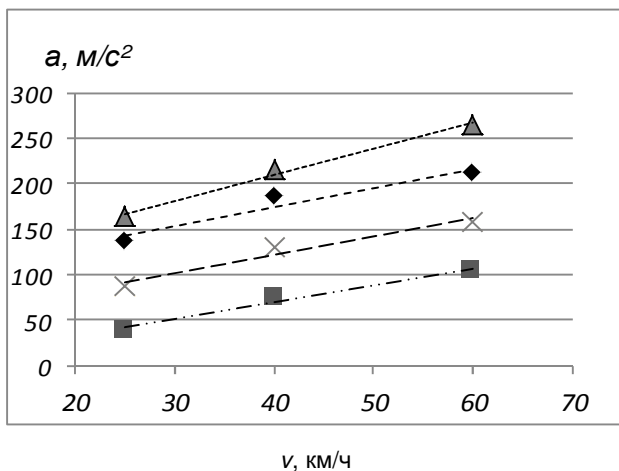


Рисунок 6 – Ускорения на второй (принимающей) шпале.

Внутренний рельс:

◆ – типовой стык (средние значения ускорений); ■ – типовой стык с упругой прокладкой (средние значения ускорений); ▲ – типовой стык (максимальные значения ускорений); × – 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

В среднем по всем скоростям на первой принимающей шпале в типовом стыке по сравнению со второй среднее значение ускорения выше в 1,63 раза, а максимальные – в 1,98 раза.

При наличии прокладки под шпалой разница составляет по средним значениям 26 %, а по максимальным – 99 %.

Расчетные значения вертикальных сил в типовом стыке в 2,3–2,6 раза выше, чем в стыке с подшпальными

прокладками, значения ускорений, полученных при проведении экспериментов в типовом стыке, по средним значениям выше в 2,9 раза, по максимальным значениям выше в 2,65 раза, чем в стыке с упругими амортизаторами под шпалой. Таким образом, полученные соотношения позволяют дать косвенную оценку сходимости расчетных и экспериментальных данных.

Проведённые технико-экономические расчёты имеют своей целью показать, что способ выправки пути с укладкой упругих амортизаторов 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 т брутто в год (рисунок 7).

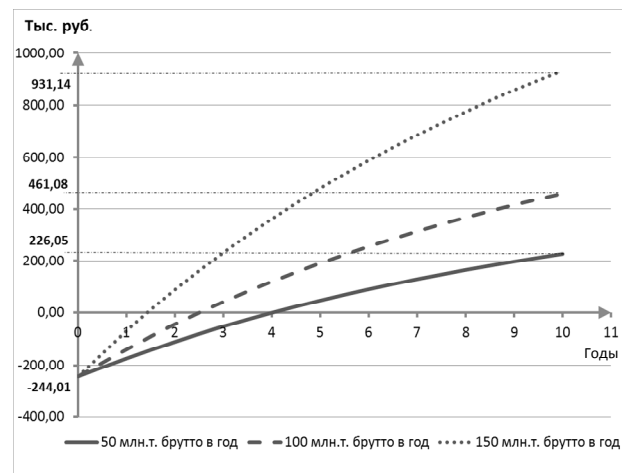


Рисунок 7 – Срок окупаемости укладки упругих прокладок под шпалы в стыках

Экономический эффект от применения подшпальных прокладок при выправке стыков уравнильных 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.

Проведенные исследования влияния упругих амортизаторов, уложенных под подошву шпалы на интенсивность накопления деформации пути позволили сделать следующие выводы.

1 Устранение просядок амплитудой до 12 мм, которые возникают в стыках на железобетонных шпалах, с помощью упругих прокладок-амортизаторов, укладываемых под подошву шпал в подрельсовых сечениях, является эффективным способом текущего содержания пути.

2 Результаты эксплуатационных наблюдений показали, что после укладки упругих подшпальных прокладок-амортизаторов для устранения просядок глубиной до 12 мм дополнительная выправка не потребовалась до пропуска более 800 млн т.

3 После пропуска 830 млн т изъятые из пути прокладки-амортизаторы сохранили размеры по толщине и не имели повреждений поверхности.

4 Наилучшие результаты с точки зрения накопления остаточных деформаций имели прокладки жесткостью 40298 кН/м.

5 Исследования по оценке динамического воздействия подвижного состава на путь в стыковой зоне показали, что ускорения на принимающих шпалах стыка с упругими прокладками в 2,9 раза по средним значениям и в 2,65 раза по максимальным значениям ниже, чем в типовом стыке.

#### Список литературы

1 Повышение стабильности пути в зоне стыков за счет применения упругих подшпальных прокладок / В. О. Певзнер [и др.] // Вестник ВНИИЖТ. – 2016. – № 3. – С. 140–146.

2 Расчетно-экспериментальная оценка влияния использования подшпальных прокладок на показатели динамического воздействия подвижного состава на путь в стыковой зоне / В. Н. Каплин [и др.] // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2019. – № 4. – С. 241–248.

Получено 10.03.2020

**V. O. Pevzner, V. N. Kaplin, V. V. Tretyakov, E. A. Sidorova, E. A. Polunina.** Application of elastic understanding gaskets in the zone of rail joints to increase stability of the way.

The report provides an analysis of the main factors affecting the operation of the railway track in modern operating conditions, and considers the effectiveness of the use of elastic under-sleeper pads in the area of rail joints to improve track stability on reinforced concrete sleepers. The report describes in detail the results of the experiment on the effect of the use of cotting pads in the junction zone on the accumulation of track sediments, which was carried out on the Experimental Ring of VNIIZhT JSC. Special attention is paid to the payback periods of the proposed technical solutions.