

УДК 625.033.3

Повышение стабильности пути в зоне стыков за счет применения упругих подшпальных прокладок

В. О. ПЕВЗНЕР¹, М. М. ЖЕЛЕЗНОВ¹, В. Н. КАПЛИН¹, В. В. ТРЕТЬЯКОВ¹, М. Н. МЫСЛИВЕЦ²,
А. С. ТОМИЛЕНКО¹

¹Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, 129626, Россия

²Научно-исследовательский институт эластомерных материалов и изделий (ООО «НИИЭМИ»), Москва, 111024, Россия

Аннотация. Наиболее часто применяемой во всем мире конструкцией верхнего строения пути является железнодорожное полотно на щебеночном балласте, при этом щебень как наиболее слабый компонент системы подвержен постоянному износу. Происходит значительное оседание шпал, и для того, чтобы замедлить процесс деградации пути, актуально применение подшпальных прокладок. Имеющийся зарубежный опыт показывает, что на всех участках пути с установленными прокладками отмечено значительное снижение скорости ухудшения состояния пути, что происходит уменьшение осадки, коррекция жесткости пути, снижение вибрации.

В 2014 г. для проведения исследований влияния применения подшпальных прокладок на работу пути на втором кольцевом пути Экспериментального кольца ВНИИЖТ заложен опытный участок, где при выправке стыковых неровностей уложены экспериментальные образцы упругих подшпальных прокладок российского производства. Показано, что применение упругих прокладок, как минимум, для выправки пути в стыковой зоне весьма целесообразно, в том числе при необходимости укладки стыкового пути на железобетонных шпалах, в изолирующих и сварных стыках.

Ключевые слова: подшпальные прокладки; повышение упругости пути; прокладки из полиуретана; замедление процесса деградации пути в зоне стыков

Опыт применения подшпальных прокладок. Вопросы оптимизации жесткости пути на железобетонных шпалах постоянно находились в зоне внимания отечественных и зарубежных специалистов в области путевого хозяйства.

В шестидесятые годы на отечественных железных дорогах вместо деревянных прокладок стали использоваться нашпальные прокладки из синтетических материалов — кордонита, полиэтилена, резины и резинокорда. Прокладки из кордонита, укладываемые под подошвой рельса, практически не имели преимуществ по сравнению с деревянными прокладками в отношении сжимаемости под нагрузкой, обеспечения сопротивления угону пути и износостойкости [1].

В настоящее время для изготовления нашпальных прокладок используются различные материалы на

основе резиновых смесей и различных типов эластомеров в соответствии с требованиями [2].

Сложной задачей при эксплуатации пути на железобетонных шпалах явилось обеспечение стабильности пути в зоне стыков уравнительных пролетов, изолирующих стыков и в местах сварных стыков.

Механизму работы пути в зоне стыков посвящается ряд работ отечественных ученых, например [3–5]. Однако в большинстве из них рассматривается влияние на работу пути только нашпальных прокладок. Нерешенность этой задачи вызывает не только разрушение щебня и образование просадок в зоне стыков, но и выход рельсов из строя по стыковым дефектам, а также излом стыковых накладок, что серьезно угрожает безопасности движения.

В конце XX — начале XXI в. был выполнен ряд исследований по оценке эффективности применения подшпальных прокладок [6–10].

Однако массового внедрения эти разработки не получили. В то же время на зарубежных дорогах происходит активное внедрение такой конструкции.

Имеющийся зарубежный опыт показывает, что на всех участках пути с установленными подшпальными прокладками отмечено значительное снижение скорости ухудшения состояния пути, даже на участках с меньшей высотой балласта интервал подбивки увеличился по меньшей мере в два раза [11].

В условиях роста осевых нагрузок и грузонапряженности на железнодорожном транспорте возрастают требования к верхнему строению пути на наиболее оживленных грузовых участках. В связи с этим специально для грузовых трасс за рубежом применяется большой ассортимент подшпальных прокладок. Эластичные прокладки являются инструментом, оказывающим влияние на силы взаимодействия колеса и рельса. В ходе исследований компании Getzner начиная с 2001 г. проводились обширные наблюдения по измерению скорости ухудшения качества участков пути, где такие прокладки были установлены. Результаты показали положительное

влияние таких прокладок на верхнее строение в различных условиях, причем эффективность от использования прокладок возрастает с увеличением нагрузок на путь [11].

В настоящее время подшпальные прокладки широко используются для достижения следующих целей [11]:

- уменьшение осадки во всех конструкциях верхнего строения пути, где используется балласт;
- ограничение распространения волнообразного износа рельсов на кривых малого радиуса;
- коррекция жесткости пути на участках с уменьшенной высотой балласта;
- улучшение зон переходов между различными типами строения пути;
- снижение вибрации;
- предотвращение возникающих пустот под шпалами;
- выравнивание различных прогибов на стрелочных переводах.

Также можно отметить, что использование подшпальных прокладок улучшает геометрию путей с уменьшенной толщиной балласта.

Зарубежные исследования ведутся как по изучению механизма работы пути с обрешеченными шпалами, так и по оптимизации параметров этих конструкций.

На рис. 1 приведена схема распределения нагрузок на пути при использовании обрешеченных шпал.

Целенаправленная установка подшпальных прокладок замедляет процесс деградации пути благодаря следующим факторам:

1) распределение осевого давления на большее количество шпал. Упругие свойства подшпальных прокладок удлиняют линию прогиба рельса. Нагрузка от движущегося поезда распределяется на большее количество шпал и, следовательно, на большую площадь. Это уменьшает нагрузку на щебень и приводит к ослаблению динамических сил и вибраций в щебеночном балласте. Подшпальные прокладки снижают непосредственную динамическую нагрузку на щебень, уменьшают перемещение щебня и осадку рельсового пути;

2) увеличение площади контакта между шпалой и щебеночным балластом. Уникальные свойства полиуретанового материала обуславливают идеальную заделку щебня в поверхность подшпальной прокладки. Они стабилизируют самый верхний слой щебня. За счет этого достигается увеличение площади контакта между шпалой и щебнем с 8% (без подшпальной прокладки) до 35% (с применением подшпальной прокладки);

3) ослабление динамических сил и вибраций в щебеночном балласте. Подшпальные прокладки снижают непосредственную динамическую нагрузку на щебень, уменьшают перемещение щебня и осадку рельсового пути.

Благодаря пластическим свойствам подшпальной прокладки щебень частично вдавливаются в прокладку. Как следствие, снижается удельное давление на щебень. Этот метод целенаправленно защищает щебеночный балласт и значительно замедляет осадку рельсового пути. Опыт последних лет показал, что в результате применения этого метода продолжительность интервалов между подбивкой шпал увеличивается как минимум вдвое. В местах воздействия сильных нагрузок, таких как, например, стрелочные переводы, искусственные сооружения или крутые кривые, положительный эффект применения подшпальных прокладок проявляется особенно быстро. На участках рельсовых путей, подвергающихся повышенным нагрузкам (при нагрузке на ось до 37 т), преимущества применения подшпальных прокладок особенно убедительны.

При подсчете общей жесткости пути можно сделать вывод, что при укладке подшпальной прокладки с жесткостью 4 т/мм общая жесткость пути снижается почти на 45%. Это довольно неплохой показатель. Однако главным преимуществом использования упругого материала прокладок является то, что давящие усилия передаются балластному верхнему строению более равномерно.

Выбор свойств прокладок определяется в значительной мере характеристикой основания. Поэтому решающим для оседания шпал фактором является напряжение на единицу поверхности между шпалой и щебеночным основанием. В табл. 1 приведены

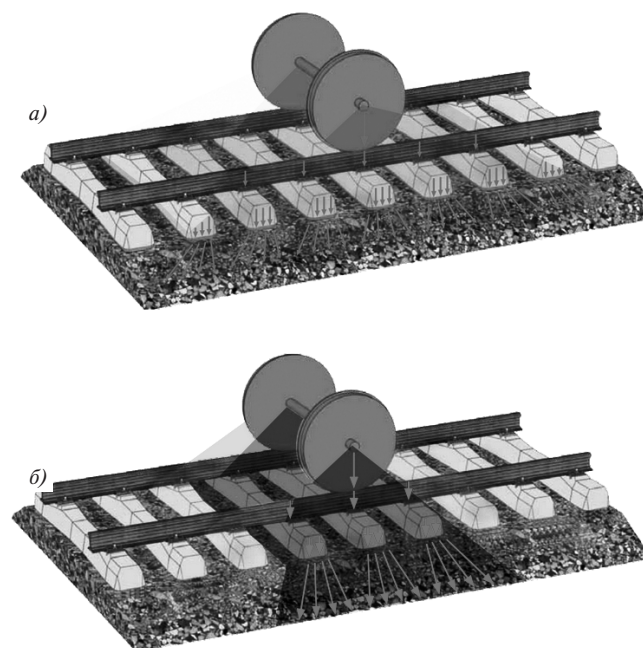


Рис. 1. Распределение нагрузки:
а — при использовании подшпальных прокладок; б — без применения подшпальных прокладок

Fig. 1. Distribution of loads:
а — with application of under-sleeper pads; б — without application of under-sleeper pads

Таблица 1

Коэффициенты балластной постели в зависимости от основания

Table 1

Coefficients of ballast bed depending on the base

Основание	Коэффициент балластной постели C , Н/см ³	
	Щебеночный балластный слой	Гравийный балластный слой
Основание очень плохого качества (болотистый грунт, мелкозернистый песок)	20	20
Основание плохого качества (вязкий суглинок, от мягкого до твердого, глина)	50	50
Основание хорошего качества (крупнозернистый песок, гравий)	100	80 – 100
Основание очень хорошего качества (гравий, скальная порода)	150 – 200	100 – 150
Бетонная подошва (тоннели, мосты), каменный грунт, горная порода	250 – 300	150 – 200

коэффициенты балластной постели для оснований с различной несущей способностью [12].

Различные методы расчета жесткости изделий из эластомерных материалов, работающих на сжатие и жесткость пути. Существует много различных методов расчета жесткости изделий из эластомерных материалов, работающих на сжатие. Если взять немецкий опыт использования подшпальных прокладок, то жесткость пути C_G определяется по известной статической нагрузке на колесо F_0 и результирующей осадке Δz :

Таблица 2

Конструктивные характеристики экспериментальных образцов подшпальных прокладок

Table 2

Structural characteristics of experimental samples of under-sleeper pads

Габариты, мм	Твердость по Шору А, усл. ед.	Модуль сжатия, МПа	Жесткость, кН/м	Примечание
2700×250×20	72	1,07	36 000	—
2700×250×20	72	0,913	30 240	Пластины с отверстиями
1000×250×14	72	1,128	40 290	—
1000×250×14	72	0,862	30 000	Пластины с отверстиями
1000×250×14	50	0,638	22 770	—
1000×250×8	72	0,713	44 570	—
1000×250×8	72	0,535	32 580	Пластины с отверстиями

$$C_G = \frac{F_0}{\Delta z}. \quad (1)$$

Жесткость на шпале C_s определяется при изгибной жесткости рельса EI , по нагрузке на шпалу F_s , результирующему прогибу рельса Δz и расстоянию между осями шпал a по формуле

$$C_s = \frac{F_s}{\Delta z} = \sqrt[3]{\frac{C_G^4 a^3}{64EI}}. \quad (2)$$

Жесткость основания принимается обычно равной 15 000 кН/м. В результате жесткость прокладок является тем конструктивным параметром, за счет которого можно оптимизировать жесткость пути [13].

Требуемая жесткость прокладок достигается путем подбора эластичных свойств материала прокладки и их толщины. Этот процесс обозначается как подбор требуемых свойств прокладок.

Определение параметров материала осуществляется эмпирическим путем, проводятся опыты на сжатие, в ходе которых регистрируется сжимающая сила F_A и вызванная ею деформация Δd .

Для эксперимента применяются два способа передачи нагрузки от штампа на прокладку — при смазке контактирующих поверхностей и при помощи наждачной бумаги [13].

Исследования были проведены с тремя упругими прокладками, изготовленными из различных материалов — на этиленовой основе (EVA), на пенообразующих компонентах (Schaum) и из резины. Оптимальным признан материал EVA как из-за физико-механических свойств, так и по себестоимости. При выборе материала упругих прокладок необходимо учитывать коэффициент поперечной деформации с целью его максимального снижения, в том числе с точки зрения минимизации потерь энергии. Повышение осевой нагрузки требует увеличения жесткости прокладок, в том числе за счет уменьшения прогиба рельса, включая неконтролируемые высокие прогибы при резких повышенных воздействиях [13].

Уменьшение деформаций может быть достигнуто за счет применения материала прокладок с повышенным модулем упругости и выбора толщины прокладок с учетом их стоимости. Хотя усталостные свойства материала в предлагаемых решениях еще недостаточно исследованы, можно ожидать большего срока службы более жестких материалов [13].

Использование подшпальных прокладок на Российских железных дорогах могло бы решить большое количество проблем, связанных с текущим содержанием пути.

Компанией ООО «НИИЭМИ» были разработаны и изготовлены несколько экспериментальных образцов подшпальных прокладок с разной жесткостью и толщиной (табл. 2).

Одной из основных конструктивных характеристик является жесткость, влияющая на собственную частоту виброизоляционной системы.

Для обеспечения виброизоляции в рабочем диапазоне вынужденных частот шпалы специалистами ООО «НИИЭМИ» был произведен расчет собственной частоты проектируемых подшпальных прокладок.

Исходя из значения максимальной собственной частоты рассчитали максимальную статическую жесткость, при которой не будет возникать резонанс в заданном диапазоне вынужденных частот. Но обеспечить такую жесткость виброизоляционным эластомерным материалом при заданных геометрических размерах довольно трудно, и это не даст максимальную возможную виброзащиту системе.

При эксплуатации пути в реальных условиях могут возникать колебания, значительно отличающиеся от рабочего режима частот (100 Гц), что также может приводить к возникновению резонанса в системе. Исходя из формулы расчета виброускорения для уменьшения разрушающих последствий резонанса необходимо уменьшить его частоту и амплитуду.

Уменьшить собственную частоту можно за счет снижения жесткости, при этом необходимо учитывать, что деформация виброизолирующей прокладки не должна превышать 20%, так как при большей деформации начинается процесс химической релаксации эластомерного материала, а это приводит к разрушению химических связей материала.

С учетом вышеизложенного проведен расчет характеристик виброизолирующих подшпальных прокладок, результаты представлены в табл. 3.

Кроме собственной частоты на амплитуду колебаний оказывает значительное влияние коэффициент виброизоляции, который рассчитывается по формуле

$$\eta = \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{f_b}{f_c}\right)^2 \frac{4v^2}{4\pi^2 + v^2}}}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{f_b}{f_c}\right)^2\right]^2 + \left(\frac{f_b}{f_c}\right)^2 \frac{4v^2}{4\pi^2 + v^2}}}, \quad (3)$$

где v — логарифмический декремент, равный $\ln \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$;

λ_1 и λ_2 — отношение двух последующих амплитуд колебаний [14].

По расчетным данным был выбран материал, из которого были изготовлены образцы с разным коэффициентом формы, — резина на основе изопреновых каучуков с логарифмическим декрементом 0,53, обладающая повышенной морозостойкостью и имеющая накопление остаточной деформации не более 20%.

У каждого образца измеряли деформацию под действием удельной нагрузки. По результатам испытаний

Таблица 3

Характеристики подшпальных прокладок

Table 3

Characteristics of under-sleeper pads

f_c , Гц	k	P , Н	ε , м	C , кН/м	Толщина, мм
13,933121	1,25	37800	0,0016	23 625	8 мм
10,532449	1,25	37800	0,0028	27 000	14 мм

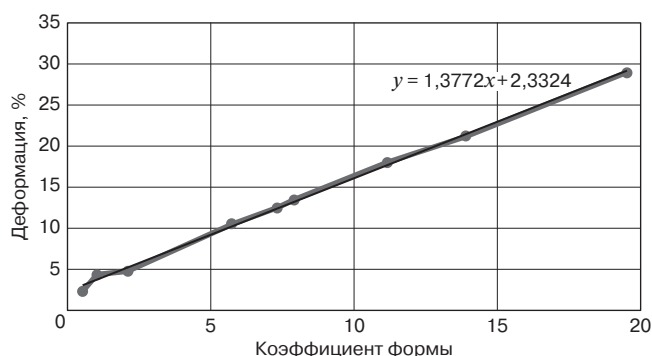


Рис. 2. График зависимости деформации от коэффициента формы
Fig. 2. Dependence diagram of deformation from the shape factor

Таблица 4

Характеристики виброизоляционной прокладки

Table 4

Characteristics of vibration insulating pads

Габариты, мм	Шифр резины	Твердость по Шору А, усл. ед.	Модуль сжатия, МПа	Жесткость, кН/м	Собственная частота, Гц	Коэффициент изоляции
1000×250×14	48	72	1,128	40298	12,6	0,0019
1000×250×8	48	72	0,713	44575	13,3	0,0422

была получена зависимость деформации от коэффициента формы (рис. 2), она аппроксимируется прямой линией до значения коэффициента формы виброизоляционной подшпальной прокладки.

На основе полученных данных по деформации была рассчитана жесткость виброизоляционной прокладки, представленная в табл. 4.

По полученным результатам можно сделать вывод, что эластомерный материал подобран верно, так как расчетные значения жесткости и собственной частоты совпали с экспериментальными.

Исследования экспериментальных образцов на втором кольцевом пути Экспериментального кольца ВНИИЖТа. Первые результаты. В 2014 г. с целью исследования влияния применения подшпальных прокладок на работу пути на втором кольцевом пути Экспериментального кольца ВНИИЖТ заложен опытный участок. На нем при выправке

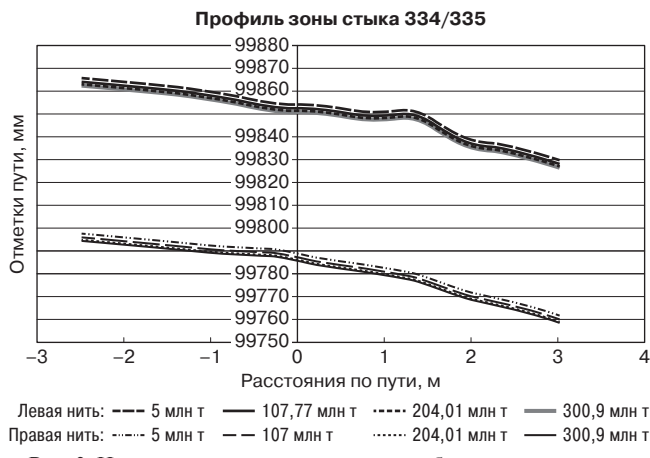


Рис. 3. Изменение уровня головки рельса без прокладок после пропуска 300 млн т
Fig. 3. Changes in the level of the rail head without pads after passage of 300 million tonnes

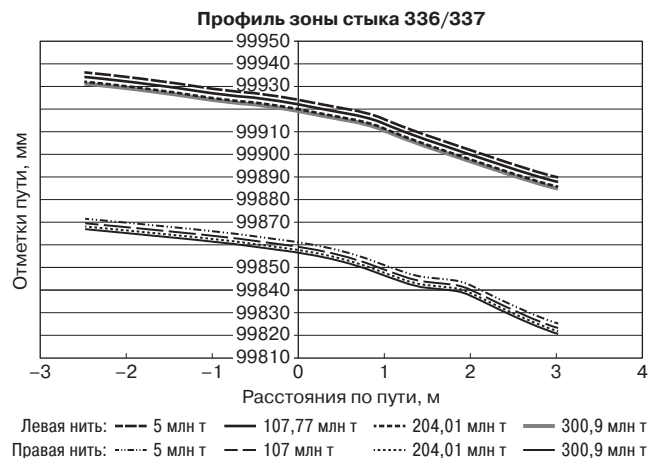


Рис. 4. Изменение уровня головки рельса с прокладкой толщиной 14 мм и жесткостью 40 290 кН/м после пропуска 300 млн т
Fig. 4. Changes in the level of the rail head with 14 mm pad and hardness of 40 290 kN/m after passing 300 million tonnes

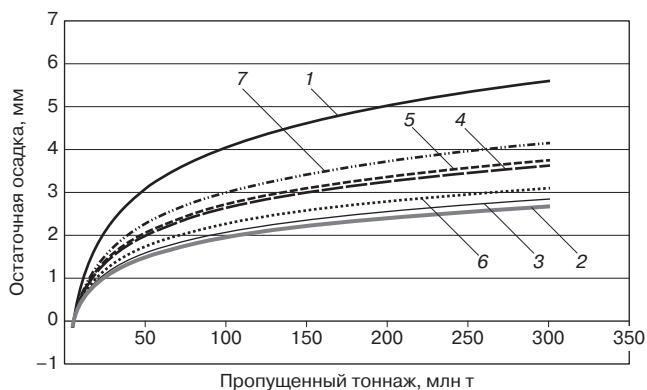


Рис. 5. График зависимости остаточной осадки пути в стыках по левой нити от пропущенного тоннажа:
1—стык 324/325, стандарт без прокладок, $y = 1,4045\ln(x) - 2,4193R^2 = 0,9222$; 2—стык 326/327, 14 мм, жесткость 40 290 кН/м, $y = 0,6576\ln(x) - 1,083R^2 = 0,9182$; 3—стык 328/329, 14 мм, жесткость 40 290 кН/м, $y = 0,7\ln(x) - 1,1517R^2 = 0,926$; 4—стык 330/331, 8 мм, жесткость 32 580 кН/м, $y = 0,9078\ln(x) - 1,5555R^2 = 0,8978$; 5—стык 332/333, 8 мм, жесткость 32 580 кН/м, $y = 0,94\ln(x) - 1,6155R^2 = 0,8966$; 6—стык 334/335, 20 мм, жесткость 36 000 кН/м, $y = 0,764\ln(x) - 1,2616R^2 = 0,9301$; 7—стык 336/337, 20 мм, жесткость 30 240 кН/м, $y = 1,0444\ln(x) - 1,8186R^2 = 0,8862$

Fig. 5. Graph of dependence of residual track settlement in the joints on the left path from passed tonnage:

1—joint 324/325, norm without pads, $y = 1,4045\ln(x) - 2,4193R^2 = 0,9222$; 2—joint 326/327, 14 mm, stiffness 40 290 kN/m, $y = 0,6576\ln(x) - 1,083R^2 = 0,9182$; 3—joint 328/329, 14 mm, stiffness 40 290 kN/m, $y = 0,7\ln(x) - 1,1517R^2 = 0,926$; 4—joint 330/331, 8 mm, stiffness 32 580 kN/m, $y = 0,9078\ln(x) - 1,5555R^2 = 0,8978$; 5—joint 332/333, 8 mm, stiffness 32 580 kN/m, $y = 0,94\ln(x) - 1,6155R^2 = 0,8966$; 6—joint 334/335, 20 mm, stiffness 36 000 kN/m, $y = 0,764\ln(x) - 1,2616R^2 = 0,9301$; 7—joint 336/337, 20 mm, stiffness 30 240 kN/m, $y = 1,0444\ln(x) - 1,8186R^2 = 0,8862$

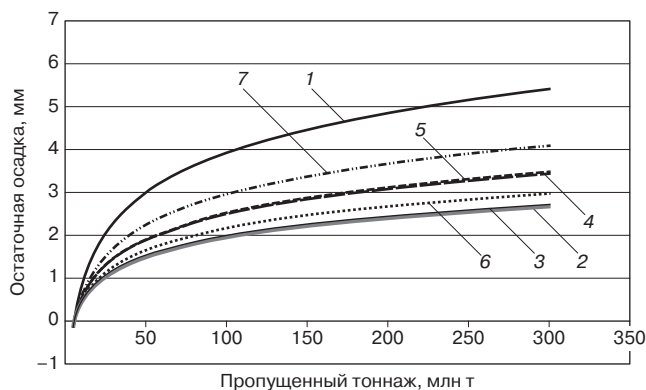


Рис. 6. График зависимости остаточной осадки пути в стыках по правой нити от пропущенного тоннажа:
1—стык 324/325, стандарт без прокладок, $y = 1,3585\ln(x) - 2,3342R^2 = 0,9238$; 2—стык 326/327, 14 мм, жесткость 40 290 кН/м, $y = 0,6589\ln(x) - 1,0818R^2 = 0,9222$; 3—стык 328/329, 14 мм, жесткость 40 290 кН/м, $y = 0,6652\ln(x) - 1,0828R^2 = 0,933$; 4—стык 330/331, 8 мм, жесткость 32 580 кН/м, $y = 0,8685\ln(x) - 1,488R^2 = 0,8937$; 5—стык 332/333, 8 мм, жесткость 32 580 кН/м, $y = 0,8732\ln(x) - 1,4966R^2 = 0,8936$; 6—стык 334/335, 20 мм, жесткость 3600 кН/м, $y = 0,7303\ln(x) - 1,1985R^2 = 0,9329$; 7—стык 336/337, 20 мм, жесткость 30 240 кН/м, $y = 1,0299\ln(x) - 1,7862R^2 = 0,891$

Fig. 6. Graph of dependence of residual track settlement in the joints on the right path from passed tonnage:

1—joint 324/325, norm without pads, $y = 1,3585\ln(x) - 2,3342R^2 = 0,9238$; 2—joint 326/327, 14 mm, stiffness 40 290 kN/m, $y = 0,6589\ln(x) - 1,0818R^2 = 0,9222$; 3—joint 328/329, 14 mm, stiffness 40 290 kN/m, $y = 0,6652\ln(x) - 1,0828R^2 = 0,933$; 4—joint 330/331, 8 mm, stiffness 32 580 kN/m, $y = 0,8685\ln(x) - 1,488R^2 = 0,8937$; 5—joint 332/333, 8 mm, stiffness 32 580 kN/m, $y = 0,8732\ln(x) - 1,4966R^2 = 0,8936$; 6—joint 334/335, 20 mm, stiffness 3600 kN/m, $y = 0,7303\ln(x) - 1,1985R^2 = 0,9329$; 7—joint 336/337, 20 mm, stiffness 30 240 kN/m, $y = 1,0299\ln(x) - 1,7862R^2 = 0,891$

стыковых неровностей уложены упругие подшпальные прокладки разработки и производства ООО «НИИЭМИ».

На данный момент по уложенным конструкциям пропущено более 300 млн т, и первые результаты показали, что на стыках опытного участка степень

истирания щебня существенно меньше по сравнению с обычными стыками. При этом после пропуска 300 млн т уровень головки рельса, где уложены прокладки толщиной 14 мм и жесткостью 40 290 кН/м, изменился всего на 4 мм по обеим нитям, а без прокладок — на 8 мм. Это отчетливо видно на рис. 3, 4.

На рис. 5, 6 представлены зависимости остаточной осадки пути в стыках по левой и по правой нитям от пропущенного тоннажа. По обеим нитям остаточная осадка без прокладок в стыке составляет 5,4–5,6 мм и выше, чем с прокладками разной толщины и с разной жесткостью. Из всех видов уложенных прокладок максимальные остаточные осадки пути в стыках зафиксированы с прокладкой толщиной 20 мм и жесткостью 30 240 кН/м — 4,1 мм, а минимальные остаточные осадки — при толщине 14 мм и жесткости 40 290 кН/м — 2,6 мм.

За период наблюдений при пропуске 300 млн т никаких работ, кроме подтяжки болтов, на участке не проводилось.

Выводы. 1. Исследования продолжаются, но уже сейчас можно отметить, что применение упругих прокладок как минимум для выправки пути в стыковой зоне весьма целесообразно, в том числе при необходимости укладки стыкового пути на железобетонных шпалах, в изолирующих и сварных стыках.

2. Разработан технологический процесс выправки пути по уровню укладкой упругих подшпальных прокладок толщиной 8–16 мм под железобетонную шпалу.

3. Предварительный расчет, проведенный специалистами АО «ВНИИЖТ», показывает, что полная окупаемость укладки подшпальных прокладок наступает на второй год, а чистый дисконтированный доход за 10 лет эксплуатации может составить до 1,7 млн руб. на 1 км пути.

4. Можно сказать, что ученые АО «ВНИИЖТ» и ООО «НИИЭМИ» по своей инициативе, за счет собственных сил и ресурсов нашли «инновационное лекарство» для сети железных дорог.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Железобетонные шпалы для рельсового пути / под ред. А. Ф. Золотарского. М.: Транспорт, 1980. 272 с.
2. ГОСТ Р 56291–2014. Прокладки рельсовых креплений железнодорожного пути. М.: Стандартинформ, 2015. 31 с.
3. Барабошин В. Ф., Ананьев Н. И. Повышение стабильности пути в зоне рельсового стыка. М.: Транспорт, 1978. 45 с.

4. Данилов В. Н. Расчет рельсовой нити в зоне стыков. М.: Трансжелдориздат, 1952. 112 с.

5. Исследование работы креплений и рельсов / под ред. Г. М. Шахуняца. М.: Транспорт, 1971. 120 с.

6. Желнин Г. Г., Кузнецов В. В. Снижение динамического воздействия на путь в стыках // Сб. науч. тр. третьей научно-практической конференции «Ресурсосберегающие технологии на железнодорожном транспорте». М., 2000. С. 6–10.

7. Певзнер В. О., Прохоров В. М., Еремушкин А. А. Эффективность различных технологий работ по выправке пути // Материалы конференции «Современные технологии на железнодорожном транспорте России». Дели, 2003. С. 17–18.

8. Васильченко Г. М. Деформативность пути при различных способах выправки // Путь и путевое хозяйство. 2004. № 6. С. 11–12.

9. Шеронова Т. Н. Актуальность решения вопроса о продлении срока службы пути // Сборник по материалам научно-практической конференции. М.: РГОТУПС, 2008. С. 51–54.

10. Крысанов Л. Г., Шерстянникова И. В. Полигонные испытания стыков измененной конструкции // Сб. науч. тр. ВНИИЖТ / под ред. Л. Г. Крысанова. М.: Интекст, 2000. С. 130–143.

11. Loy Harald, Augustin Andreas. PUR pads protect heavy freight corridors. Railway Gazette International, september 2014, Vol. 170, issue 9, pp. 105–109.

12. Lichtberger, Bernhard. Handbuch Gleis. Eurailpress, 2010, S. 35.

13. Fengler, Wolfgang; Gerber, Ulf. Auslegung elastischer Zwischenlagen. Der Eisenbahningenieur, 2014, Heft 6, S. 2–6.

14. ГОСТ 27242–87. Вибрация. Виброизоляторы. Общие требования к испытаниям: от 15.10.2015. 10 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

ПЕВЗНЕР Виктор Ошеревич,

д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, отделение «Комплексные исследования по взаимодействию пути и подвижного состава», АО «ВНИИЖТ»

ЖЕЛЕЗНОВ Максим Максимович,

канд. техн. наук, доцент, первый заместитель Генерального директора по науке, АО «ВНИИЖТ»

КАПЛИН Валерий Николаевич,

начальник Экспериментального кольца АО «ВНИИЖТ»

ТРЕТЬЯКОВ Василий Владимирович,

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, отделение «Комплексные исследования по взаимодействию пути и подвижного состава», АО «ВНИИЖТ»

МЫСЛИВЕЦ Максим Николаевич,

инженер-конструктор, ООО «НИИЭМИ»

ТОМИЛЕНКО Александр Сергеевич,

инженер 1-й категории, отделение «Комплексные исследования по взаимодействию пути и подвижного состава», АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 5.02.2016 г., принята к публикации 8.04.2016 г.

Increasing track stability in the zone of joints due to the use of elastic under sleeper pads

V.O. PEVZNER¹, M.M. ZHELEZNOV¹, V.N. KAPLIN¹, V.V. TRET'YAKOV¹, M.N. MYSLIVETS², A.S. TOMILENKO¹

¹Joint Stock Company "Railway Research Institute" (JSC "VNIIZhT"), Moscow, 129626, Russia

²Institute of Elastomeric Materials and Wares (LLC "NIIEMI"), Moscow, 111024, Russia

Abstract. Questions to optimize track stiffness on concrete sleepers were constantly in the area of attention of domestic and foreign experts in the field of track facilities. To slow down the degradation of track (railway track on crushed stone ballast), it is essential to apply under-sleeper pads. Foreign experience shows that in all sections with installed pads there is a significant decrease in the rate of track deterioration, reduction of track settlement, correction of track stiffness, vibration reduction.

In the context of growth of axle loads and load intensity in rail transport requirements for track superstructure become more demanding. In this regard, especially for freight routes abroad large assortment of under-sleeper pads is used.

In 2014 studies on the effect of application of under-sleeper pads to track operation began at the Test Loop of JSC "VNIIZhT". During track alignment in joint irregularities test samples of elastic under-sleeper pads of Russian production was laid in the test section. Pads were with different stiffness and thickness. At the moment, loads of more than 300 million gross tons were put on laid structures. It is shown that at the joints of test section abrasion degree of ballast becomes significantly less compared with conventional joints.

Material for production of samples with different shape factor was selected on the basis of calculation of minimum rigidity of vibroisolating under-sleeper pads. Graphic test dependencies are shown, confirming the correctness of the calculation.

Keywords: under-sleeper pads; increasing elastic properties of track; PU pad; slow down the process of track deterioration in the zone of joints

REFERENCES

1. Zolotarskiy A. F. *Zhelezobetonnye shpaly dlya rel'sovogo puti* [Reinforced concrete sleepers for track]. Moscow, Transport Publ., 1980, 272 p.
2. GOST R 56291 – 2014. *Rail pads for railway fastenings. Technical specifications*. Moscow, Standartinform Publ., 2015, 31 p. (In Rus.).
3. Baraboshin V.F., Ana'ev N.I. *Povyshenie stabil'nosti puti v zone rel'sovogo styka* [Increased stability of track in the rail joint area]. Moscow, Transport Publ., 1978, 45 p.
4. Danilov V. N. *Raschet rel'sovoy niti v zone stykov* [Calculation of railway path in the zone of the joints]. Moscow, Roszheldorizdat Publ., 1952, 112 p.
5. Shakhunyan G. M. *Issledovanie raboty skrepleniy i rel'sov* [Study on the work of fastenings and rails]. Moscow, Transport Publ., 1971, 120 p.
6. Zhelnin G. G., Kuznetsov V. V. *Snizhenie dinamicheskogo vozdeystviya na put' v stykakh* [Reducing dynamic effects on the track in the joints]. Sb. nauch. tr. tret'ey nauchno-prakticheskoy konferentsii "Resursosberegayushchie tekhnologii na zheleznodorozhnom transporte" [Coll. of scientific papers of the Third Scientific and Practical Conference "Resource-saving technologies in rail transport"]. Moscow, 2000, pp. 6 – 10.

7. Pevzner V. O., Prokhorov V. M., Eremushkin A. A. *Effektivnost' razlichnykh tekhnologiy rabot po vypravke puti* [The effectiveness of various technologies of works on track surfacing]. Materialy konferentsii "Sovremennye tekhnologii na zheleznodorozhnom transporte Rossii" [Materials of the conference "Modern Technologies for Rail Transport of Russia"]. Delhi, 2003, pp. 17 – 18.

8. Vasil'chenko G. M. *Deformativnost' puti pri razlichnykh sposobakh vypravki* [Deformability of track at different methods of surfacing]. Put' i putevye khozyaystvo [Tracks and track facility], 2004, no. 6, pp. 11 – 12.

9. Sheronova T. N. *Aktual'nost' resheniya voprosa o prodlenii slozha sluzhby puti* [Actuality of addressing the issue of extending the service life of track]. Sbornik po materialam nauchno-prakticheskoy konferentsii [Collection of materials of scientific-practical conference]. Moscow, Russian Public Academy of Transport of Moscow State University of Railway Engineers Publ., 2008, pp. 51 – 54.

10. Krysanov L. G., Sherstyannikova I. V. *Poligonnye ispytaniya stykov izmenennoy konstruktssii* [Proving-ground tests of joints of modified design], Sb. nauch. tr. VNIIZhT [Coll. of sc. works of VNIIZhT (Railway Research Institute)]. Moscow, Intext Publ., 2000, pp. 130 – 145.

11. Loy Harald, Augustin Andreas. PUR pads protect heavy freight corridors. *Railway Gazette International*, September 2014, pp. 105 – 109.

12. Lichtberger, Bernhard. *Handbuch Gleis*. Eurailpress, 2010, S. 35 (in Germ.).

13. Fengler, Wolfgang; Gerber, Ulf. *Auslegung elastischer Zwischenlagen*. Der Eisenbahningenieur. 2014, no. 6, pp. 2 – 6 (in Germ.).

14. GOST 27242 – 87. *Vibration. Vibration isolators. General test requirements*. 10 p. (in Russ.).

ABOUT THE AUTHORS

PEVZNER Viktor Osherovich,

Dr. Sci. (Eng.), Professor, Chief Researcher, Department "Integrated research on interaction of track and rolling stock", JSC "VNIIZhT"

ZHELEZNOV Maksim Maksimovich,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, First Deputy Director General on Science, JSC "VNIIZhT"

KAPLIN Valeriy Nikolayevich,

Head of Testing Ring of JSC "VNIIZhT"

TRET'YAKOV Vasily Vladimirovich,

Cand. Sci. (Eng.), Leading Researcher, Department "Integrated research on interaction of track and rolling stock", JSC "VNIIZhT"

MYSLIVETS Maksim Nikolayevich,

Design engineer, LLC "NIIEMI"

TOMILENKO Aleksandr Sergeyevich,

1st category Engineer, Department "Integrated research on interaction of track and rolling stock", JSC "VNIIZhT"

Received 5.02.2016

Accepted 8.04.2016

■ E-mail: vpevzner@list.ru (V. O. Pevzner)