

Выправка пути на щебеночном балласте установкой подшпальных прокладок и пневматическим суфляжем

В. О. ПЕВЗНЕР¹, В. Н. КАПЛИН¹, А. А. АБРАШИТОВ², А. В. СЕМАК²

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

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта» (ФГБОУ ВО РУТ (МИИТ), Москва, 127994, Россия

Аннотация. В статье описываются экспериментальные исследования опытных технологий выправки пути на щебеночном балласте — выправка установкой подшпальных прокладок и выправка пневматическим суфляжем, — проведенные специалистами АО «ВНИИЖТ» и РУТ (МИИТ, кафедра «Путь и путевое хозяйство»).

Первые результаты эксперимента позволяют сделать вывод о необходимости внесения уточнений в эти технологии выправки пути для увеличения периода стабильной эксплуатации пути после выправочных мероприятий. Эти уточнения связаны в первую очередь с особенностями поведения выправленных шпал в зоне стыков сопряжения пути с различной жесткостью и определением величин необходимой подъёмки пути домкратами при выправке пневматическим суфляжем.

Ключевые слова: железнодорожный путь; щебеночный балласт; выправка; подшпальные прокладки; пневматический суфляж

Введение. Осенью 2017 г. специалистами АО «ВНИИЖТ» и РУТ (МИИТ, кафедра «Путь и путевое хозяйство») были выполнены испытания на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» для исследования опытных технологий выправки пути на щебеночном балласте — выправки пути установкой подшпальных прокладок и выправки пневматическим суфляжем (выправка подсыпкой с использованием потока сжатого воздуха для переноса и распределения частиц мелкого щебня под шпалой).

Срок службы балластной призмы железнодорожного пути из плотных горных пород составляет около 350 млн т брутто, что является самым низким показателем из всех элементов верхнего строения пути (ВСП). Для увеличения срока службы всей конструкции ВСП необходимо увеличить срок службы балластной призмы. Сроки службы различных элементов ВСП представлены на рис. 1.

Увеличение срока службы предполагалось достичь за счет перехода от выправки пути в профиле подбивкой (с рыхлением балласта под шпалой) к выправке подсыпкой мелкого щебня посредством сжатого воздуха (пневматический суфляж) или выправке на подшпаль-

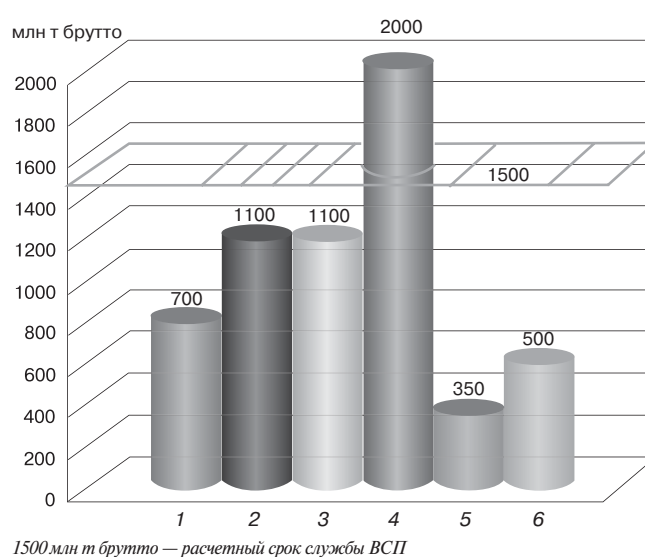


Рис. 1. Сроки службы различных элементов ВСП:

1 — обычные рельсы; 2 — рельсы повышенного качества;
3 — скрепления с упругой клеммой; 4 — железобетонные шпалы;
5 — щебень фракции 25–60; 6 — щебень фракции 30–60

Fig. 1. Service life of various elements of permanent way:

1 — conventional rails; 2 — rails of increased quality;
3 — fastenings with an elastic clamp; 4 — reinforced concrete sleepers;
5 — crushed stone of fraction 25–60; 6 — crushed stone of fraction 30–60

ные прокладки из упругого материала. Это обосновано тем, что при ликвидации небольших (10–12 мм) просадок сжатие подбивочных бойков просто искажает балластный скелет, заставляя его частицы подниматься вертикально (с опорой на короткую сторону балластной гранулы) при заполнении подшпальной полости. Такая выправка предоставляет шпале кратковременную поддержку или вообще заполняет просадочную полость только по краям, образуя так называемую кромочную выправку. Исходя из этого, было решено испытать способы корректировки уровня основания шпалы путем инъекции мелкого щебня или укладки прокладок на поверхность существующей шпальной постели, при этом оставляя стабилизированный балласт под шпалой в спокойном состоянии [1].

■ E-mail: abr54@yandex.ru (А. А. Абрашитов)

Если использование подшпальных прокладок — технология достаточно давно известная и уже опробованная (железобетонные шпалы с интегрированным в нижнюю плоскость вспененным полиуретаном фирмы «Гетцнер» выпускаются промышленным способом), то пневматический суфляж — технология относительно новая и не очень известная. Эта технология была разработана железнодорожными исследователями в конце 70-х гг. и впоследствии реализована на железных дорогах в Великобритании и Австралии. Пневматический суфляж представляет собой процесс нагнетания в образующуюся между нижней поверхностью и постелью шпалы полость мелкого щебня (фракция 5–10) давлением сжатого воздуха (рис. 2).

Британские железнодорожники, использующие пневматический суфляж, дают следующие цифры по расходу балластных материалов при различных способах выправки (рис. 3).

Особенность выправки неровностей пути суфляжем состоит в большой начальной осадке после проведения выправки и последующей стабилизации, например, величина первоначальной осадки штампа на 100 тыс. циклов нагружения при высоте подъёмки штампа над поверхностью путевого щебня 30 мм составила 10 мм, в дальнейшем при 2 млн циклов нагрузки осадка штампа составила 12 мм всего (рис. 4).

К штампу было приложено 2 млн циклов нагружения, что аналогично пропущенному тоннажу 50 млн т. При испытаниях на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» стык был поднят на высоту 34 мм и осел на 15 мм под тяжестью рельсошпальной решетки, в дальнейшем произошла осадка еще на 8 мм при пропуске 4,5 млн т.

В лабораторных условиях суфляж, выполненный поверх уже сделанного суфляжа и приложения миллиона циклов нагружения, показал всего 6 мм осадки штампа при миллионе циклов приложенной нагрузки, что соответствует 25 млн т пропущенного тоннажа [2].

И выправка на подшпальные прокладки, и пневматический суфляж влияют на определенные особенности поведения выправленных шпал в процессе эксплуатации, поэтому возникла необходимость сравнения данных способов выправки в условиях максимально приближенных к реальным условиям эксплуатации. С этой целью специалистами ВНИИЖТ и МИИТ, которые совместно проводили исследования, были заложены три участка на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» — два опытных и один контрольный.

Предварительно вышеназванные способы были проверены в условиях Экспериментального кольца АО «ВНИИЖТ» (подшпальные прокладки), а также лабораторными и полевыми испытаниями (пневматический суфляж).

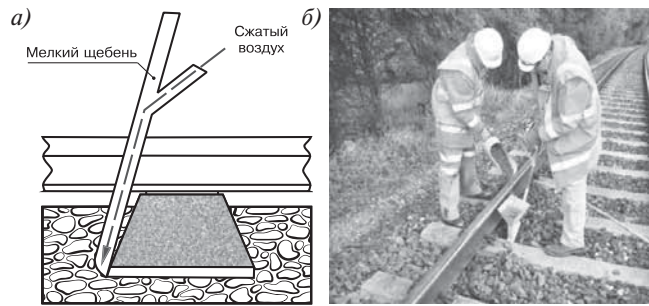


Рис. 2. Исправление положения шпалы в профиле методом пневматического суфляжа:

а — схема процесса пневматического суфляжа; б — выполнение выправочных работ на железнодорожном пути

Fig. 2. Correction of the sleeper position in the profile by pneumatic shovel packing:

а — schematic demonstration of the pneumatic shovel packing; б — performance of alignment works on the railway track

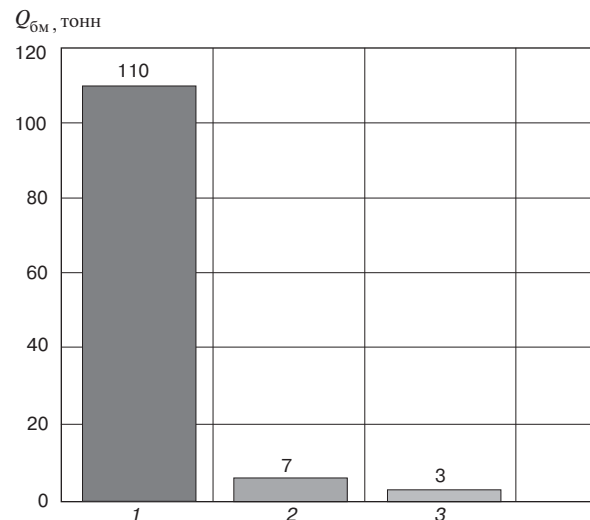


Рис. 3. Расход балластных материалов $Q_{бм}$ при выправке пути:

1 — выправочно-подбивочно-рихтовочной машиной (ВПР);
2 — машинным пневматическим суфляжем;
3 — ручным пневматическим суфляжем

Fig. 3. Consumption of ballast materials $Q_{бм}$ when packing the track:
1 — by track renewal train; 2 — by machine pneumatic shovel packing;
3 — by manual shovel packing

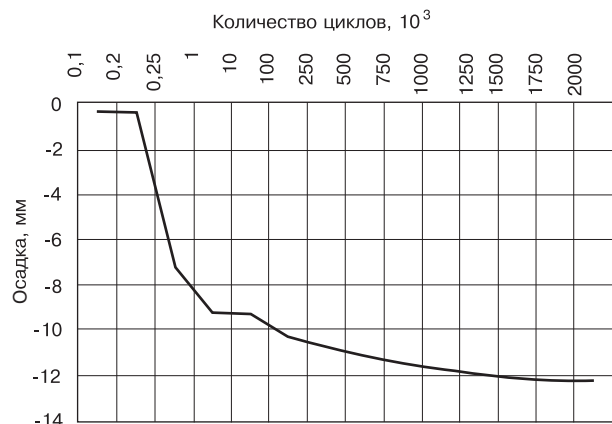


Рис. 4. Осадка штампа под действием динамической нагрузки

Fig. 4. Plate settlement under dynamic load



Рис. 5. Расположение подшпальной прокладки под стыковой шпалой

Fig. 5. Location of the under sleeper pad under the joint sleeper

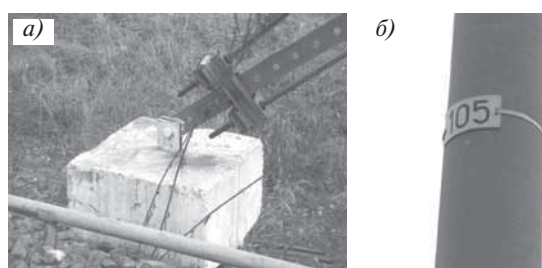


Рис. 6. Репер для нивелировки экспериментального стыка 402–403: а — репер (болт оттяжки опоры); б — опора
Fig. 6. Reper for leveling the experimental joint 402–403: а — reper (bolt of the support guy); б — support

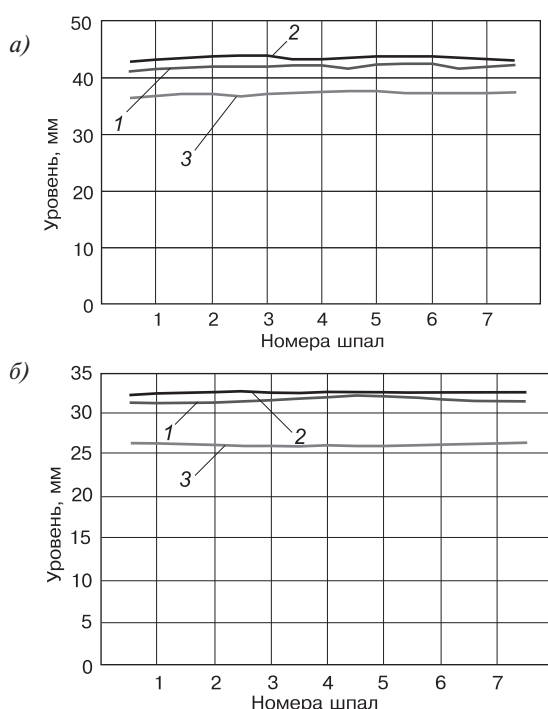


Рис. 7. Нивелировка стыка 402–403, выправленного подшпальными прокладками: а — левая рельсовая нить; б — правая рельсовая нить; 1 — 0 млн т на 20.10.2017; 2 — 4,5 млн т на 02.11.2017; 3 — 23 млн т на 22.11.2017
Fig. 7. Leveling of the joint 402–403 aligned by the pads: а — left rail thread; б — right rail thread; 1 — 0 million tons as of 20.10.2017; 2 — 4.5 million tons as of 02.11.2017; 3 — 23 million tons as of 22.11.2017

В 2014 г. для проведения исследований влияния применения подшпальных прокладок на работу пути на втором кольцевом пути Экспериментального кольца АО «ВНИИЖТ» был заложен опытный участок, где при выправке стыковых неровностей уложены экспериментальные образцы упругих подшпальных прокладок российского производства. В результате проведения этих испытаний (под руководством В. Н. Каплина) была подтверждена целесообразность применения подшпальных прокладок на звеньевом пути с железобетонными шпалами, а также в изолирующих и сварных стыках. Укладка шпальных прокладок (рис. 5) производилась по технологии, изложенной в [3].

В 2016–2017 гг. специалистами МИИТа была выполнена серия лабораторных экспериментов для оценки возможности проведения выправки пути, в том числе и в зоне механических стыков, пневматическим суфляжем. Результаты экспериментов позволили уверенно предположить возможность успешной выправки пути подсыпкой гранитного щебня мелкой фракции (5–10 мм) [1]. Технология выправки более подробно изложена в [4].

Состояние стыков и тип выправки в опытных и контрольном участках
и контрольном участках
Condition of joints and the type of alignment
in the experimental and control areas

Стык (номера рельсов)	Тип рельсов и их состояние	Тип скрепления, род и состояние шпал	Род и состояние балласта	Положение в плане	Тип выправки
402–403	Р65; удовл.	АРС, ЖБ; удовл.	Щебень загр., ок. 20 %	Переходная кривая	Подшпальные прокладки
291–292	Р65; удовл.	КБ, ЖБ; удовл.	Щебень загр., ок. 20 %	Прямая	Пневматический суфляж
292–293	Р65; удовл.	КБ, ЖБ; удовл.	Щебень загр., ок. 20 %	Прямая	Электрошпалоподбойки

Для экспериментальных выправок были выбраны: стык между рельсами 402 и 403 — выправка на подшпальные прокладки, стык между рельсами 291 и 292 — выправка пневматическим суфляжем, стык между рельсами 292 и 293 — контрольная выправка электрошпалоподбойками по существующей технологии [5]. Состояние стыков до проведения выправочных работ и тип выправки в стыках приведены в таблице.

Выправка экспериментального стыка на подшпальные прокладки. Подшпальные прокладки под стык между рельсами 402 и 403 были уложены при проведении работ по плановой выправке механических стыков на участке 3–5 ПК 3 км II пути. Установка производилась под 6 шпал, по обеим сторонам — по 3 с каждой стороны стыка.

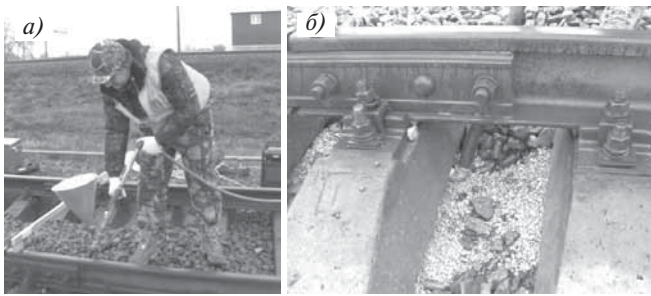


Рис. 8. Ликвидация двусторонней просадки в стыке пневматическим суфляжем: а — выполнение работ; б — просадка
Fig. 8. Elimination of bilateral bending at the junction by pneumatic shovel packing: а — performance of works; б — bending

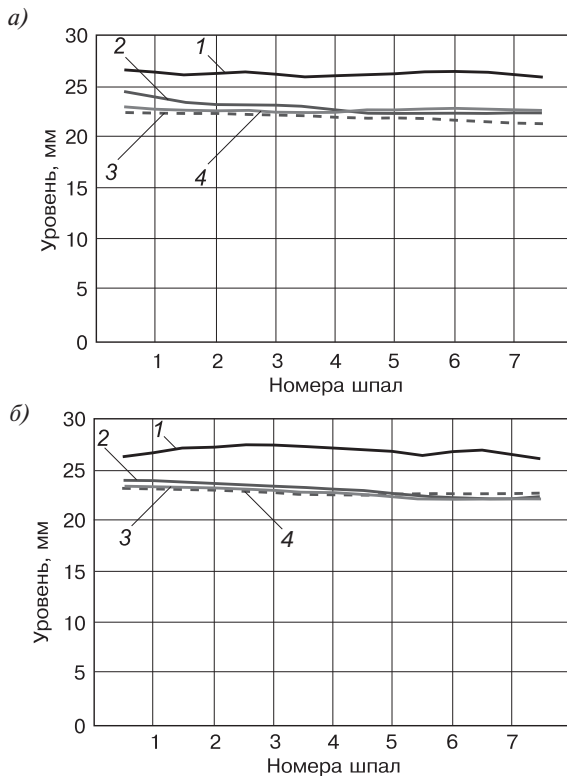


Рис. 9. Нивелировка стыка, выправленного суфляжем: а — левая рельсовая нить; б — правая рельсовая нить; 1 — 0 млн т на 20.10.2017; 2 — 2,5 млн т на 28.10.2017; 3 — 4,5 млн т на 02.11.2017; 4 — 23 млн т на 22.11.2017

Fig. 9. Leveling of the joint aligned by shovel packing: а — left rail thread; б — right rail thread; 1 — 0 million tons as of 20.10.2017; 2 — 2.5 million tons as of 28.10.2017; 3 — 4.5 million tons as of 02.11.2017; 4 — 23 million tons as of 22.11.2017

В качестве репера использовался болт оттяжки опоры № 105 (рис. 6).

Результаты нивелировки экспериментального стыка 402–403 представлены на рис. 7.

Выправка экспериментального стыка пневматическим суфляжем. Шпальные ящики отрываются на длину 50 см по 25 см от рельса в шахматном порядке, глубиной до подошвы шпалы (рис. 8).

Высота подъема головки рельса назначалась с запасом на осадку рельсошпальной решетки

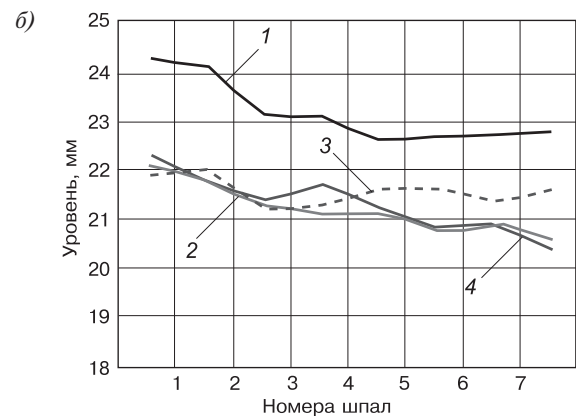
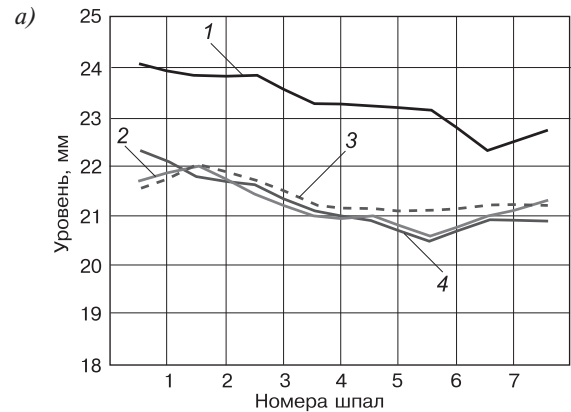


Рис. 10. Нивелировка стыка, выправленного электрошпалоподбойками: а — левая нить; б — правая нить; 1 — 0 млн т на 20.10.2017; 2 — 2,5 млн т на 28.10.2017; 3 — 4,5 млн т на 02.11.2017; 4 — 23 млн т на 22.11.2017
Fig. 10. Leveling of the joint aligned by electric tamping machine: а — left rail thread; б — right rail thread; 1 — 0 million tons as of 20.10.2017; 2 — 2.5 million tons as of 28.10.2017; 3 — 4.5 million tons as of 02.11.2017; 4 — 23 million tons as of 22.11.2017

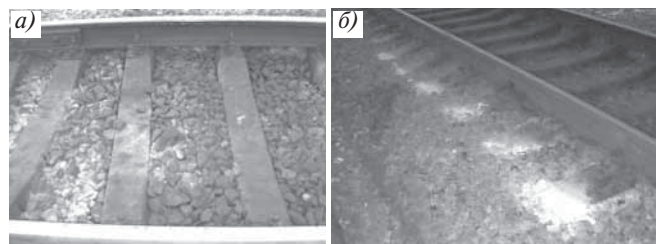


Рис. 11. Состояние ВСП в контрольном стыке: а — перекос стыковой шпалы; б — отряснность у торцов шпал
Fig. 11. Condition of the permanent way in the control joint: а — twist of the joint sleeper; б — shake-off at the sleeper ends

под собственным весом после выправки и снятия домкратов (10–15 мм) и осадку мелкого щебня в первые семь суток эксплуатации после выправки (10–15 мм). Расстояние от постели шпалы до опорной поверхности составило 34 мм [2]. Путь был вывешен гидравлическими домкратами, установленными на разных рельсовых нитях один против другого. Высота подъема рельсошпальной решетки определялась с помощью путевого шаблона и составила 34 мм.

Нивелировка экспериментального стыка 291–292 дала следующие результаты (см. рис. 9), в качестве репера использовался болт оттяжки опоры № 103.

Как показали первые результаты испытаний, поведение пути, выправленного пневматическим суфляжем, аналогично поведению пути при экспериментах на линии Норвич, Англия [6].

Выправка контрольного стыка электрошпалоподбойками. Выправка пути электрошпалоподбойками проводилась по стандартной технологии, применяемой в ОАО «РЖД» [5]. Ввиду того что контрольный стык соседствует с экспериментальным стыком, выправленным пневматическим суфляжем, в качестве репера также использовался болт оттяжки опоры № 103.

Результаты нивелировки контрольного стыка 292–293 представлены на рис. 6. Здесь стоит отметить большую величину начальной неровности под стыковыми шпалами по сравнению с обоими экспериментальными стыками (см. рис. 4 и 10).

При визуальном осмотре пути было выявлено, что в контрольном стыке началась сдвигка шпал с нарушением эюры (рис. 11, а), а также проявилась отрясенность шпал с полевой стороны (рис. 11, б).

Как показывает международный опыт [7] способы выправки пути без нарушения сложившейся уплотненной постели шпал снижают интенсивность расстройств пути в профиле.

Выправки установкой подшпальных прокладок и пневматическим суфляжем могут успешно применяться на железнодорожном пути с большой нагрузкой [8].

Даже предварительные результаты испытаний на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» позволяют сделать вывод об успешном применении опытных технологий выправки железнодорожного пути в профиле [9].

Заключение. В результате экспериментальных исследований опытных технологий выправки пути на щебеночном балласте (выправка установкой подшпальных прокладок и выправка пневматическим суфляжем) установлено:

- применение подшпальных прокладок и пневматический суфляж обеспечивают большую стабильность пути в профиле, чем выправка пути подбивкой;
- пневматический суфляж создает большее сопротивление угону шпал в зоне механического стыка по сравнению с выправкой подбивкой при одинаковых типах креплений.

Полученные данные подтверждают целесообразность создания опытных участков на действующем железнодорожном пути. Однако для полной уверенности в положительном эффекте применения опыт-

ных технологий выправки необходимо продолжать наблюдение за опытными участками хотя бы до набора пропущенного тоннажа в размере 350 млн т брутто после проведения выправки.

Использование подобных технологий должно привести к увеличению срока службы балластной призмы пути, что является особенно актуальным в настоящее время.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Experimental study of stoneblowing track surfacing technique / A. Abrashitov [et al.] // Proceedings of Transportation Geotechnics and Geotechnology (TGG-2017), St. Petersburg, 17–19 May 2017. St. Petersburg, 2017. Vol. 189. P. 75–79.
2. Waters J.M. Pneumatic stone injection a means of adjusting track level // Fourth International Rail Track & Sleeper Conference. Adelaide, 1981, pp. 1–14.
3. Повышение стабильности пути в зоне стыков за счет применения упругих подшпальных прокладок / В. О. Певзнер [и др.] // Вестник ВНИИЖТ. 2016. Т. 75. № 3. С. 140–146. DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-3-140-146>.
4. Experiences with the stoneblower on the UK / W. F. Anderson [et al.] // Proceedings of the international conference railway engineering (London, UK, July 2002). London: Engineering Technics Press, 2002. CD-ROM.
5. Технически обоснованные нормы времени на работы по текущему содержанию пути: утв. ОАО «РЖД» 30.03.2009, ред. от 05.08.2015. 7-е изд. в 2-х ч. М., 2015.
6. Zarembski A.M., Newman G.R. Comparative Technical and Economic Analysis of Stoneblowing vs Tamping // AREMA-2008. Annual Conference and Exposition (Salt Lake City, UT, September 2008). Salt Lake City, 2008.
7. Esvelid C. Modern railway track. 2nd ed. Zaltbommel, The Netherlands: MRT-Productions, 2001. 654 p.
8. Geotechnical properties of ballast and the role of geosynthetics in rail track stabilization / B. Indraratna [et al.] // Proc. of the conference / Sydney Geotechnical Consulting Division, Rail Corp (NSW). Sydney, 2006.
9. The Stone blower — Delivering the Promise: Development, Testing and Operation of a New Track Maintenance System / P. McMichael [et al.]. TRB Annual Meeting. [S. l.], 2003. CD-ROM.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

ПЕВЗНЕР Виктор Ошеревич,

д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, АО «ВНИИЖТ»

КАПЛИН Валерий Николаевич,

начальник Экспериментального кольца АО «ВНИИЖТ»

АБРАШИТОВ Александр Ахметович,

заведующий учебной лабораторией, старший преподаватель кафедры «Путь и путевое хозяйство», ФГБОУ ВО РУТ (МИИТ)

СЕМАК Артем Витальевич,

заведующий лабораторией «Испытания транспортных конструкций», ассистент кафедры «Строительная механика», ФГБОУ ВО РУТ (МИИТ)

Статья поступила в редакцию 28.12.2017 г., актуализирована 15.03.2018 г., принята к публикации 27.03.2018 г.

Track alignment on crushed ballast with installation of under sleeper pads and pneumatic shovel packing

V. O. PEVZNER¹, V. N. KAPLIN¹, A. N. ABRASHITOV², A. V. SEMAK²

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

² Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Russian University of Transport" (FGBOU VO RUT (MIIT), Moscow, 127994, Russia

Abstract. Specialists of the Scientific Research Institute of Railway Transport (JSC "VNIIZhT") and Tracks and track facilities Department of the RUT (MIIT) initiated the procedure in consultation with the Test Center of the JSC "VNIIZhT", tests were performed on the Test Loop of the JSC "VNIIZhT" in Shcherbinka. The experiment was carried out to confirm the possibility of straightening the track in the profile by installing under-sleeper pads and pneumatic shovel packing (by padding with the use of a compressed air stream to transfer and distribute the fine gravel particles under the sleeper). The purpose of the test was to search for alternative ways for piling up crushed ballast.

As a result of the experiment, it was established:

- the use of pads and pneumatic shovel packing provides a much greater stability of the track in the profile than the alignment of the track by padding the ballast under the sleepers with electric packing machine;
- pneumatic shovel packing creates a greater resistance to the sleeper creeping in the zone of the mechanical joint in comparison with the adjustment of punching rubble for sleepers with electric packing machine with identical fasteners (the experimental and control joints follow one another);
- alignment with the installation of pads and pneumatic shovel packing can be successfully applied on the railway track with a large missed tonnage and high pollution of the ballast prism.

The results of the tests carried out on the Test Loop of the JSC "VNIIZhT" help to refine the advanced technologies for straightening the railway track in the profile to under-sleeper pads and pneumatic shovel packing for the future creation of experimental sections on the existing rail track and the possible extension of these ways of straightening the railway track in the profile to the entire network.

Keywords: railway track; crushed stone ballast; alignment; under sleeper pads; pneumatic shovel packing

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2018-77-2-104-109>

REFERENCES

1. Abrashitov A. *Experimental study of stoneblowing track surfacing technique*. Proceedings of Transportation Geotechnics and Geotechnology (TGG-2017), St. Petersburg, 17–19 May 2017. St. Petersburg, 2017. Vol. 189, pp. 75–79.
2. Waters J. M. *Pneumatic stone injection a means of adjusting track level*. Fourth International Rail Track & Sleeper Conference. Adelaide, 1981, pp. 1–14.

■ E-mail: abr54@yandex.ru (A. A. Abrashitov)

3. Pevzner V. O., Zheleznov M. M., Kaplin V. N., Tret'yakov V. V., Myslivets M. N., Tomilenko A. S. *Povyshenie stabil'nosti puti v zone stykov za schet primeneniya uprugikh podshpal'nykh prokladok* [Increasing track stability in the zone of joints due to the use of elastic under sleeper pads]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute], 2016, Vol. 75, no. 3, pp. 140–146. DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2016-75-3-140-146>.

4. Anderson W. F. *Experiences with the stoneblower on the UK*. Proceedings of the international conference railway engineering (London, UK, July 2002). London, Engineering Technics Press, 2002. CD-ROM.

5. *Technically valid standard time for work on the current maintenance of way*. Approved by the JSC "Russian Railways" dated 30.03.2009, revised as of 05.08.2015, 7th edition in 2 parts. Moscow, 2015 (in Russ.).

6. Zarembski A. M., Newman G. R. *Comparative Technical and Economic Analysis of Stoneblowing vs Tamping* // AREMA-2008. Annual Conference and Exposition (Salt Lake City, UT, September 2008). Salt Lake City, 2008.

7. Esveld C. *Modern railway track*. 2nd ed. Zaltbommel, The Netherlands, MRT-Productions, 2001, 654 p.

8. Indraratna B. *Geotechnical properties of ballast and the role of geosynthetics in rail track stabilization*. Proc. of the conference. Sydney Geotechnical Consulting Division, Rail Corp (NSW). Sydney, 2006.

9. McMichael P. *The Stone blower — Delivering the Promise: Development, Testing and Operation of a New Track Maintenance System*. TRB Annual Meeting. [S. l.], 2003. CD-ROM.

ABOUT THE AUTHORS

Viktor O. PEVZNER,

Dr. Sci. (Eng.), Professor, Chief Researcher, JSC "VNIIZhT"

Valeriy N. KAPLIN,

Director of the Test Loop of the JSC "VNIIZhT"

Aleksander A. ABRASHITOV,

Head of the University Laboratory, Senior Lecturer of the Department "Tracks and track facility", FGBOU VO RUT (MIIT)

Artem V. SEMAK,

Head of the Laboratory "Tests of transport constructions", Assistant of the Department "Construction mechanics", FGBOU VO RUT (MIIT)

Received 28.12.2017

Revised 15.03.2018

Accepted 27.03.2018

ВЫШЛИ В СВЕТ ТРУДЫ ВНИИЖТ

Савин А. В. Безбалластный путь. М.: РАС, 2017. 192 с.

Представлена эволюция безбалластного пути как способа уменьшения давления на балласт и уменьшения трудозатрат на текущее содержание, а также рациональные сферы его применения. Выполнено сравнение различных конструкций по объемам укладки в разных странах мира. Описаны конструкции отечественных и зарубежных вариантов безбалластного пути и их классификация, даны технические требования к их отдельным элементам.

Книга предназначена для научных и научно-технических работников железнодорожного транспорта, будет полезна преподавателям и студентам отраслевых вузов, а также тем, кому предстоит проектировать, сооружать и эксплуатировать безбалластный путь.

По вопросам приобретения книги обращаться по адресу: 129626, г. Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10, редакционно-издательский отдел АО «ВНИИЖТ».