

Технология и определение применимости пневмосуфляжа при текущем содержании пути

В. Н. КАПЛИН¹, А. А. АБРАШИТОВ², Е. Н. ГРИНЬ²

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

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

Аннотация. Представлены результаты экспериментальных исследований опытной технологии выправки пути на щебеночном балласте — выправка пневматическим суфляжем, проведенных специалистами АО «ВНИИЖТ» и РУТ МИИТ (кафедра «Путь и путевое хозяйство») в 2018 г. Сравнительные испытания выправки на подшпальные прокладки и выправки пневматическим суфляжем в условиях Экспериментального кольца АО «ВНИИЖТ», т. е. приближенных к реальным условиям эксплуатации, были проведены в октябре 2017 г. Тогда на Экспериментальном кольце были заложены три участка — два опытных (с выправкой на подшпальные прокладки и выправкой пневматическим суфляжем) и один контрольный. Необходимость продолжения исследований именно технологии пневматического суфляжа возникла вследствие того, что в октябре 2017 г. в связи с климатическими условиями (колебаниями температуры воздуха до отрицательных значений) не было возможности получить силовые профили пути и уточнить факторы миграции суфляжного щебня в путевой балласт.

Результаты эксперимента подтвердили эффективность выправки пути пневматическим суфляжем. Применение нового оборудования позволяет улучшить данную технологию выправки. В рамках испытаний удалось найти способы противодействия миграции суфляжного щебня в путевой балласт.

Ключевые слова: железнодорожный путь; щебеночный балласт; выправка; разделительная сетка; пневматический суфляж

Введение. Зерновой состав путевого балласта находится в узком размерном диапазоне, который обеспечивает максимальный объем балластных пустот: 30–60 мм для щебня 1 категории, 25–60 мм для щебня 2 категории при круглых ситах и 22,4–63,0 мм для щебня категории В при квадратных ситах [1]. Именно этот диапазон облегчает дренаж и обеспечивает значительные внутрибалластные полости для хранения продуктов скалывания и истирания частиц балластного материала. Все эти полезные функции балластной призмы обеспечиваются, когда балласт надлежащим образом уплотнен. Более широкий размерный диапазон частиц балласта обеспечивает, в свою очередь, повышенную прочность и сопротивление деформации из-за более плотной компоновки частиц, но в этом случае балласт имеет меньший объем пустот. При возникновении повышенной истираемости балласта, например в виде отрясённости, сопровождаю-

щейся образованием частиц мелкой фракции (менее 0,01 мм), снижение объема пустот балластной призмы может иметь критическое значение для ее дренажных свойств.

Лабораторные испытания, проведенные специалистами РУТ (МИИТ) в 2017 г., показали [2], что при совместной работе суфляжного и балластного щебня существует опасность миграции мелких частиц суфляжного щебня в балластные пустоты и блокирования пустот в балластной призме. Результатом этого может стать снижение пористости балластной призмы и увеличение жесткости балласта, что, в свою очередь, повысит скорость истирания и излома балластных гранул [3]. В целом это привело бы к быстрой потере частью балластного слоя дренажных свойств и спровоцировало появление сначала сухого, а затем и мокрого выплеска. На участках с высоким загрязнением балластной призмы, которое часто возникает тогда, когда пропущенный по участку тоннаж близок к нормативному межремонтному тоннажу или превышает его, имеет место повышенное истирание частиц щебня балластной призмы вследствие его интенсивной работы в подшпальном основании. Это явление характерно прежде всего для пути на железобетонных шпалах, так как в длительно эксплуатируемой балластной призме балластный материал вследствие излома и истирания гранул максимально уплотняется, крупные поры закрываются более мелкими частицами, жесткость балласта увеличивается [4]. Результатом этого процесса часто является образование так называемого сухого выплеска. Сравнительное исследование, проведенное АО «ВНИИЖТ» в 2018 г., показало, что на сухом выплеске жесткость подшпального основания выше в 2,2 раза, что вызывает увеличение средних значений вертикальных сил взаимодействия колес и рельсов в 1,37 раза [5].

Оценка возможности миграции мелкого щебня в балластную призму проводилась по трем методикам проектирования многослойных обратных фильтров грунтовых плотин, принятых в России: по методике В.С. Истоминой [6], по методике Всесоюзного

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

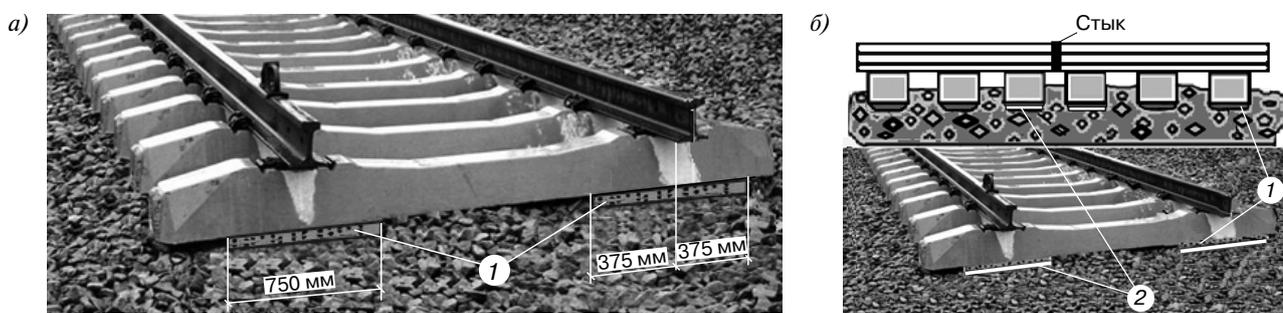


Рис. 1. Предполагаемая конструкция экспериментального подшпального основания:

a — без разделительной решетки; *б* — с разделительной пластиковой решеткой;

1 — мелкий щебень размером фракции 5–10 мм; *2* — пластиковая решетка

Fig. 1. Proposed design of test under-sleeper base:

a — without separating grid; *б* — with separating plastic grill;

1 — small crushed stone with a fraction size of 5–10 mm; *2* — plastic grid

научно-исследовательского института гидротехники им. Б. Е. Веденеева (ВНИИГ) [7] и был произведен расчет контактного выпора несвязных материалов по методике Комплексного научно-исследовательского и конструкторско-технологического института водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии «НИИ ВОДГЕО» (ВОДГЕО) [8]. По всем методикам допускалось применение щебня размером фракции 5–10 мм для укладки его поверх щебня балластной призмы фракции 25–60 мм. Однако нельзя не учитывать методику оценки, предложенную Седергреном [9], согласно которой минимальный размер частиц пневмосуфляжного материала должен составлять 7,7 мм. Подобное различие в методиках оценки миграции мелкого щебня в балластную призму привело к необходимости изменить конструкцию подшпального основания (рис. 1). В эксперименте [2] для оценки миграции щебня размером фракции 5–10 мм в путевой балласт при его выправке пневматическим суфляжем применялся окрашенный щебень этой фракции. В качестве разделительной решетки использовалась пластиковая конструкция: верхний слой — кладочная сетка с ячейками 5 мм; нижний — георешетка TriAx с ячейками 40 мм (рис. 2).

Георешетка TriAx была использована как основа для разделительной конструкции, позволяющая безопасно уложить кладочную сетку под шпалы.

Проведение повторных испытаний. Подготовительные работы. Поскольку осенью 2017 г. испытания технологии пневматического суфляжа не были доведены до конца, специалистами АО «ВНИИЖТ» и РУТ (МИИТ) в октябре 2018 г. был повторно заложен опытный участок на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ». В качестве опытных участков использовались стыки между рельсами № 291–292 и № 292–293, которые были задействованы как экспериментальные и в 2017 г. [10]. Эти стыки расположены на шестом км II пути на расстоянии 12,5 м друг от друга, описание конструкции верхнего строения пути

представлено в табл. 1, скорости обращающихся на участке поездов составляли 60–70 км/ч.

Пропущенный по участку тоннаж на момент испытаний составил 2 млрд 200 млн т брутто (нормативный межремонтный тоннаж превышен в 3 раза, нормативный тоннаж между очистками балласта превышен более чем в 6 раз).

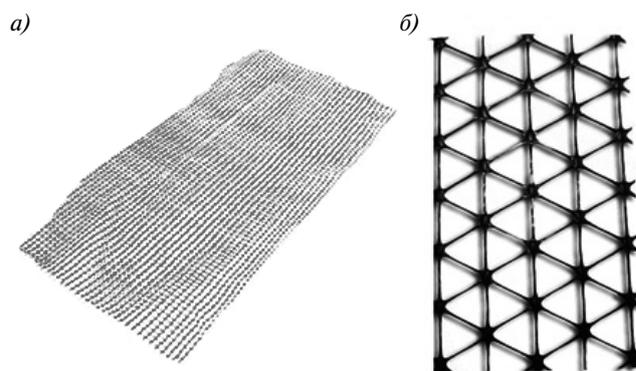


Рис. 2. Составляющие разделительной пластиковой конструкции:

a — кладочная сетка с ячейками 5 мм (верхний слой);

б — георешетка TriAx с ячейками 40 мм (нижний слой)

Fig. 2. Components of separating plastic structure:

a — masonry grid with 5 mm cells (top layer);

б — TriAx geogrid with 40 mm cells (bottom layer)

Таблица 1

Конструкция верхнего строения пути опытных участков

Table 1

Track super structure design of test sections

Стык	Километр, пикет	Тип рельсов	Конструкция пути	Скрепление, тип шпал	Балласт	Положение в плане
№ 291–292	6 ПК3	Р65	Звеньевой	КБ, ЖБ	Щебень	Прямая
№ 292–293	6 ПК3	Р65	Звеньевой	КБ, ЖБ	Щебень	Прямая

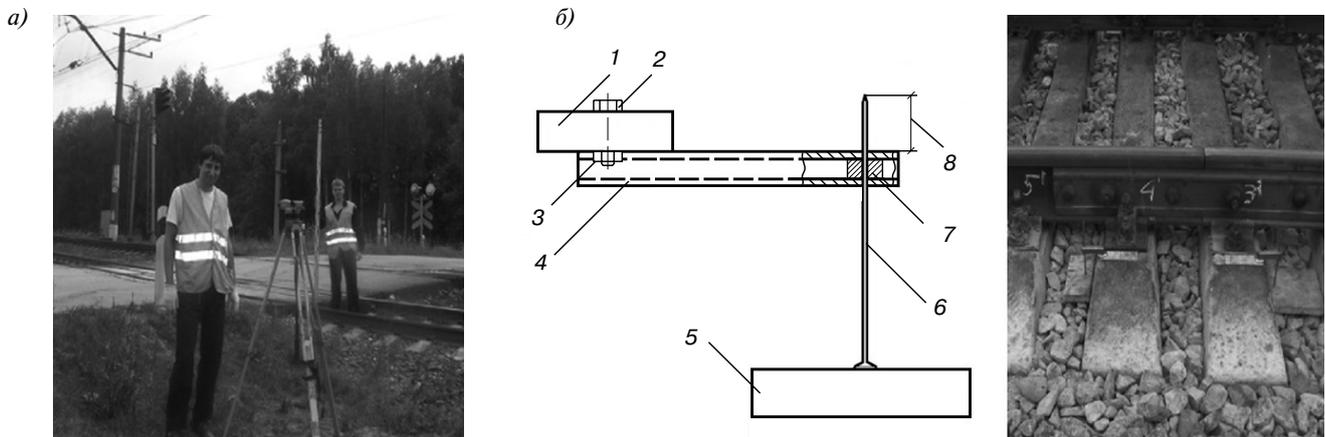


Рис. 3. Построение силового профиля пути на основе данных нивелировки и показаний флексометров:

- a* — определение величины необходимой подъемки шпал нивелиром;
б — схема флексометра и определение величины скрытой просадки флексометром:
 1 — магнитный диск; 2 — болт; 3 — гайка; 4 — металлическая квадратная труба; 5 — деревянная или металлическая пластина;
 6 — гвоздь; 7 — резиновый уплотнитель; 8 — измеряемый размер

Fig. 3. Construction of the force profile of the track based on leveling data and flexometer readings:

- a* — determination of the value of the required lifting of sleepers with a level;
б — flexometer diagram and determination of the value of hidden sag with a flexometer:
 1 — magnetic disk; 2 — bolt; 3 — nut; 4 — metal square pipe; 5 — wooden or metal plate;
 6 — nail; 7 — rubber sealant; 8 — measured size

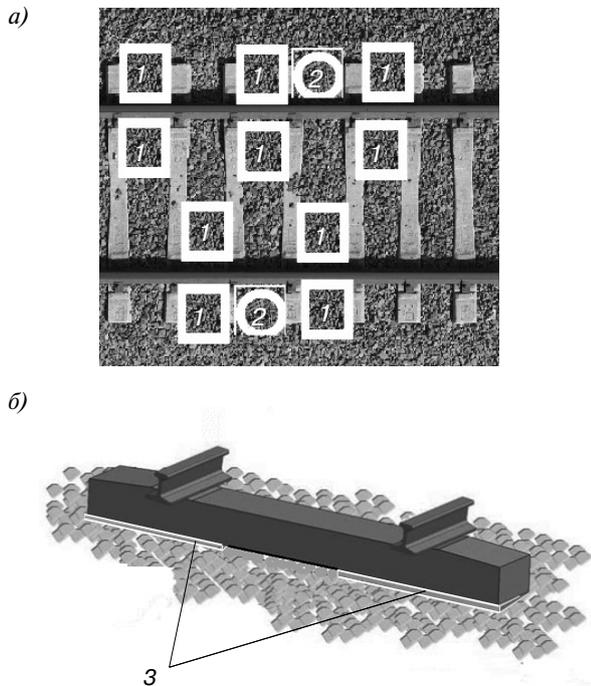


Рис. 4. Установка разделительных сеток:

- a* — места раскопа шпальных ящиков и установки домкратов;
б — установка разделительных сеток из шпального ящика;
 1 — места частичных раскопов шпальных ящиков;
 2 — места установки домкратов; 3 — разделительная сетка

Fig. 4. Installation of separating grids:

- a* — places of excavation of sleeper spaces and jack installation;
б — installation of separating grids from the sleeper space;
 1 — places of partial excavation of sleeper spaces;
 2 — jack installation sites; 3 — separating grid

Выправка пути на щебеночном балласте была произведена по технологии выправки пневматическим суфляжем с применением воздуходувного устройства весом 6 кг, работающего автономно. Подготовительные работы включали измерительные работы с записью величин исправления пути и отрывку балласта в шпальных ящиках.

Высоту необходимой подъемки шпал определяли с помощью нивелира (допускается использовать прибор регистрации пучин (ПРП), величину скрытой просадки — при помощи флексометров (см. рис. 3).

Была проведена отрывка балласта в шпальных ящиках перед подбивкой на глубину ниже подошвы шпал, расстояние от оси рельса до края отрытой части шпального ящика составляло по 375 мм в обе стороны. Шпальный ящик отрывался изнутри колеи — от середины шпалы к рельсам, снаружи — от рельса к торцу шпалы. Отрывка шпальных ящиков производилась против направления движения. Под двумя шпалами, ближайшими к стыку, в обоих стыках после вывешивания на домкраты была размещена пластиковая разделительная конструкция (сетка) с размером ячеек 5 мм (рис. 4).

Основные работы по выправке шпал. Путь вывешивали гидравлическими домкратами, которые устанавливали на разных рельсовых нитях один против другого. Высота подъемки рельсошпальной решетки определялась с помощью путевого шаблона и составила при закладке опытных участков 35 мм. После вывешивания обоих рельсовых нитей с помощью воздуходувного



Рис. 5. Выправка пневматическим суфляжем с использованием специально окрашенного гранитного щебня фракции 5–10 мм (1) и разделительной сетки (2)

Fig. 5. Surfacing with stone blowing using specially painted granite crushed stone of 5–10 mm fraction (1) and separating grid (2)

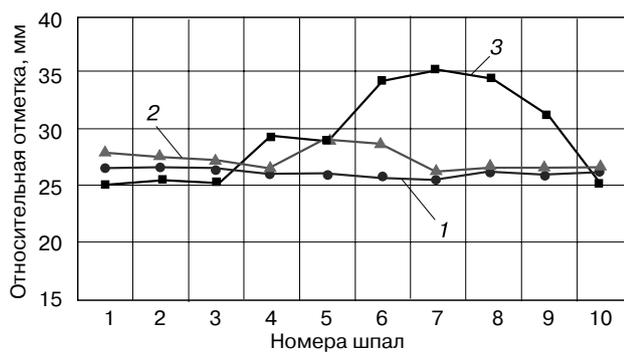


Рис. 6. Силовой профиль левой нити стыка № 292–293 на 10 шпалах:

- 1 — после выправки и пропущенного тоннажа 16 млн т;
- 2 — после выправки и пропущенного тоннажа 25 млн т;
- 3 — до выправки

Fig. 6. Force profile of the left thread of the joint No. 292–293 on 10 sleepers:

- 1 — after surfacing and passed tonnage of 16 million tons;
- 2 — after surfacing and passed tonnage of 25 million tons;
- 3 — before surfacing

устройства STIHL BR 200, оборудованного суфляжной насадкой, была произведена выправка пневматическим суфляжем с использованием специально окрашенного гранитного щебня фракции 5–10 мм (рис. 5).

Примерные затраты времени на выправку шпал в стыке пневматическим суфляжем приведены в табл. 2.

Результаты замеров после проведения испытаний. Заключительные работы. По результатам опытных измерений прогиба рельсов флексометрами и данным нивелировки были построены силовые профили головки рельса под подвижным составом. Наиболее характерный силовой профиль получен на левой нити стыка № 292–293 (рис. 6). В результате визуального осмотра выправленных пневматическим суфляжем

шпал после удаления балласта из шпальных ящиков было установлено:

1. В стыке видны признаки интенсивной работы пневмосуфляжного щебня под выправленными шпалами (рис. 7, а).

2. При разделительной сетчатой конструкции, уложенной под пневмосуфляжный щебень, даже после 25 млн т пропущенного тоннажа он не мигрировал в нижележащие слои балластной призмы (рис. 7, б).

3. При отсутствии разделительной сетчатой конструкции под пневмосуфляжным щебнем произошла его миграция (рис. 7, в).

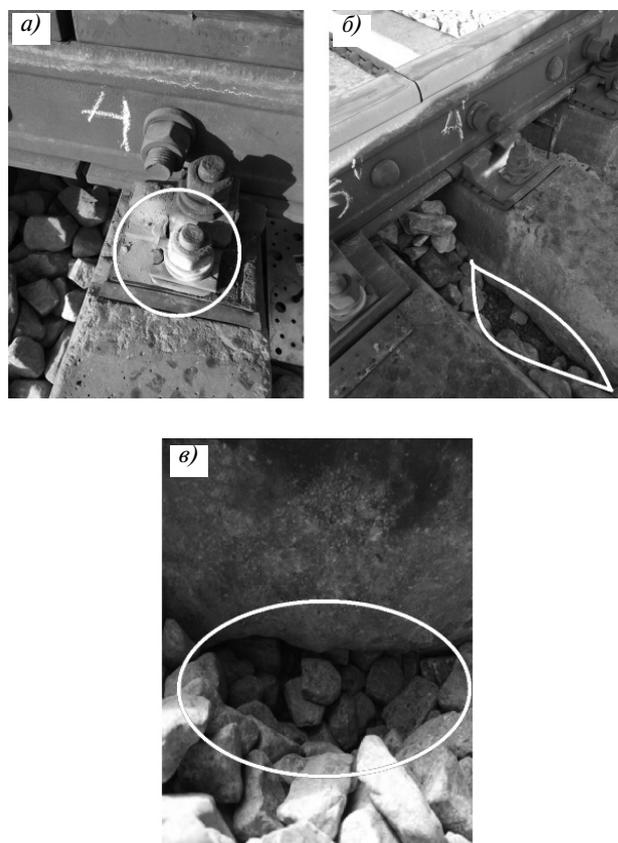


Рис. 7. Состояние пневмосуфляжного щебня после выправки: а — признаки интенсивной работы пневмосуфляжного щебня под выправленными шпалами (пыль на закладном креплении КБ); б — пневмосуфляжный щебень под шпалой после 25 млн т пропущенного тоннажа (суфляжный щебень под шпалой, где была уложена разделительная сетчатая конструкция); в — миграция суфляжного материала после 6 млн т пропущенного тоннажа при отсутствии под ним разделительной сетчатой конструкции (отсутствие суфляжного щебня под шпалой)

Fig. 7. Condition of stone-blown crushed stone after surfacing: а — signs of intensive work of stone-blown crushed stone under surfaced sleepers (dust on masonry fastening of design bricks); б — blown crushed stone under the sleeper after 25 million tons of passed tonnage (blown crushed stone under the sleeper, where the separating grid construction was laid); в — migration of blown material after 6 million tons of passed tonnage in the absence of a separating grid structure underneath (absence of blown crushed stone under the sleeper)

Таблица 2

Затраты времени на проведение основных работ по выправке
6 шпал в стыке пневматическим суфляжем

Table 2

Time spent on basic works on surfacing 6 sleepers
at the junction with stone blowing

№ п/п	Наименование работ	Интервал времени, мин				
		5 мин	5 мин	5 мин	5 мин	5 мин
1	Установка двух гидравлических домкратов и вывешивание пути					
2	Загрузка суфляжного материала в пневмоинъектор и суфляж пневмоинъектором					
3	Снятие гидравлических домкратов и переноска их к следующему месту установки					

Примечание. Подготовительные работы при выправке пневмосуфляжем выполняются без остановки движения по участку и не требуют снижения скорости. Для непосредственной выправки требуется интервал времени с закрытием движения по участку выправки продолжительностью 15 или 25 мин при использовании 2 или 1 воздуховодов соответственно. Если остановка движения на участке выполнения работ невозможна, работы могут выполняться так называемыми «хватками» с прерыванием работ, снятием домкратов, пропуском подвижного состава и постановкой домкратов заново.

Заключение. Экспериментальным путем установлено, что пневматический суфляж может успешно применяться для выправки стыковых просадок на железнодорожном пути с просроченным капитальным ремонтом по наработанному тоннажу.

Технология выправки пневматическим суфляжем с использованием мелкого щебня, несомненно, будет наиболее эффективна при выправке на железнодорожном пути с высокой грузонапряженностью и повышенными осевыми нагрузками. Проведение работ по технологии пневматического суфляжа можно разделить на три этапа: подготовительные, основные и заключительные работы. Подготовительные и заключительные работы могут быть выполнены «под поездами», что касается основных работ, то их также можно выполнять «под поездами», но в случае выправки «хватками» под одной-двумя шпалами на участках интенсивного движения (межпоездной интервал 5–7 мин); при этом следует отметить, что

такая частичная выправка не сказывается на качестве выправки подготовленного к данным работам участка в целом.

С целью удержания пневмосуфляжного материала от миграции в балластную призму в случае, когда размеры материалов балластной призмы и пневмосуфляжного материала не соответствуют друг другу по геометрическим параметрам, рекомендуется укладка разделительного слоя из пластиковой сетки с ячейками, соответствующими необходимому размеру.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 7392–2014. Щебень из плотных горных пород для балластного слоя железнодорожного пути. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2015.
- Abrashitov A., Semak A. Experimental study of stoneblowing track surfacing technique // *Transportation Geotechnics and Geocology (TGG-2017): abstracts of the International scientific and technical conference*, St. Petersburg, 17–19 May 2017. St. Petersburg: FGBOU VO PGUPS, 2017. P. 75–79.
- Selig Ernest T., Waters John M. *Track Geotechnology and Substructure Management*. London: Thomas Telford Services Ltd, 1994. 452 p.
- Попов С. Н. Балластный слой железнодорожного пути. М.: Транспорт, 1965. 183 с.
- Коссов В. С., Краснов О. Г., Акашев М. Г. Влияние «сухих» выплесков на взаимодействие подвижного состава и пути // *Путь и путевое хозяйство*. 2019. № 5. С. 6–8.
- Ляпичев Ю. П. *Гидротехнические сооружения: учеб. пособие*. М.: РУДН, 2008. 302 с.
- П 55-76. *Руководство по расчетам фильтрационной прочности плотин из грунтовых материалов / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т гидротехники им. Б. Е. Веденеева*. Л.: [б. и.], 1976. 77 с.
- Руководство по расчетам обратных фильтров плотин из грунтовых материалов*. М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1982. 62 с.
- Cedergren H. R. *Seepage, drainage and flow nets*. New York: John Wiley & Sons, 1989. 496 p.
- Выправка пути на щебеночном балласте установкой подшпальных прокладок и пневматическим суфляжем / В. О. Певзнер [и др.] // *Вестник ВНИИЖТ*. 2018. Т. 77. № 2. С. 104–109. DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2018-77-2-104-109>.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

КАПЛИН Валерий Николаевич,
начальник Экспериментального кольца АО «ВНИИЖТ»

АБРАШИТОВ Александр Ахметович,
заведующий учебной лабораторией,
кафедра «Путь и путевое хозяйство», ФГБОУ ВО РУТ (МИИТ)

ГРИНЬ Елена Николаевна,
доцент, кафедра «Путь и путевое хозяйство»,
ФГБОУ ВО РУТ (МИИТ)

Статья поступила в редакцию 14.01.2020 г., принята к публикации 02.03.2020 г.

Для цитирования: Каплин В. Н., Абрашитов А. А., Гринь Е. Н. Технология и определение применимости пневмосуфляжа при текущем содержании пути // *Вестник ВНИИЖТ*. 2020. Т. 79. № 2. С. 74–79. DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-2-74-79>.

Technology and determination of the applicability of stone blowing at the current track maintenance

V. N. KAPLIN¹, A. A. ABRASHITOV², E. N. GRIN'²

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

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

Abstract. Grain composition of track ballast is in a narrow size range, which provides maximum volume of ballast voids of 30–60 mm for category 1 crushed stone, 25–60 mm for category 2 crushed stone with round sieves and 22.4–63.0 mm for category B crushed stone with square sieves. This range facilitates drainage and provides significant intra-ballast cavities for storing products of spalling and abrasion of particles of ballast material. All of these useful ballast functions are provided when the ballast is properly packed. The wider size range of ballast particles provides, in turn, increased strength and deformation resistance due to a denser arrangement of particles, but in this case the ballast has a smaller volume of voids. In the event of increased abrasion of the ballast, for example in the form of a shake, accompanied by the formation of fine particles (less than 0.01 mm), a decrease in the volume of the voids of the ballast prism can be critical for the drainage properties of the ballast.

The article presents the test results of experimental technology for surfacing of the track ballast — surfacing with stone blowing carried out by specialists of the JSC "VNIIZhT" and the RUT MIIT ("Tracks and track facility" Department) in 2018. In October 2017 comparative tests of surfacing for under-sleeper pads and stone blowing were carried out under the conditions of the Test Ring of the JSC "VNIIZhT" which is close to the actual operating conditions. Then, three sections were laid in the operational area of the Test Ring — two tested (with surfacing for under-sleeper pads and stone blowing) and one reference. The need to continue researching exactly the stone blowing technology arose due to the fact that in October 2017, due to climatic conditions (air temperature fluctuations to negative values), it was not possible to obtain force track profiles and clarify the migration factors of blown crushed stone into track ballast.

The test results confirmed the effectiveness of track surfacing with a stone blowing process. The use of new equipment allows improving this surfacing technology. As part of the tests, it was possible to find ways to counteract the migration of blown crushed stone into track ballast.

Keywords: railway track; crushed stone; surfacing; separating grid; stone blowing

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-2-74-79>

REFERENCES

1. GOST 7392–2014. *Crushed stone from dense rocks for the ballast layer of the railway track. Technical conditions.* Moscow, Standartinform Publ., 2015 p. (in Russ.).

2. Abrashitov A., Semak A. *Experimental study of stone-blowing track surfacing technique.* Transportation Geotechnics

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

and Geoecology (TGG-2017). Abstracts of the International scientific and technical conference, St. Petersburg, May 17–19, 2017. St. Petersburg, FGBOU VO PGUPS Publ., 2017, pp. 75–79.

3. Selig Ernest T., Waters John M. *Track Geotechnology and Substructure Management.* London, Thomas Telford Services Ltd, 1994, 452 p.

4. Popov S.N. *Ballastnyy sloy zheleznodorozhnogo puti* [Ballast layer of a railway track]. Moscow, Transport Publ., 1965, 183 p.

5. Kossov V.S., Krasnov O.G., Akashev M.G. *Vliyaniye «sukhikh» vypleskov na vzaimodeystvie podvizhnogo sostava i puti* [Influence of "dry" splashes on the interaction of rolling stock and track]. Railway Track and Facilities, 2019, no. 5, pp. 6–8.

6. Lyapichev Yu.P. *Gidrotekhnicheskie sooruzheniya. Ucheb. posobie* [Hydrotechnical facilities. Training manual]. Moscow, RUDN Publ., 2008, 302 p.

7. P 55–76. *Guidelines for calculating the filtration strength of dams from soil materials.* All-Union Scientific-Research Institute of Hydraulic Engineering named after B. E. Vedeneva. Leningrad, 1976, 77 p. (in Russ.).

8. *Guidelines for the calculation of reverse filters of dams from soil materials.* Moscow, VNII VODGEO Publ., 1982, 62 p. (in Russ.).

9. Cedergren H.R. *Seepage, drainage and flow nets.* New York, John Wiley & Sons Publ., 1989, 496 p.

10. Pevzner V.O., Kaplin V.N., Abrashitov A.A., Semak A.V. *Vypravka puti na shchebenochnom ballaste ustanovkoy podshpal'nykh prokladok i pnevmaticheskim suflyazhem* [Track alignment on crushed ballast with installation of under sleeper pads and pneumatic shovel packing]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute], 2018, Vol. 77, no. 2, pp. 104–109. DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2018-77-2-104-109>.

ABOUT THE AUTHORS

Valeriy N. KAPLIN,

Head of the Test Ring of the JSC "VNIIZhT"

Aleksander A. ABRASHITOV,

Head of the Study Laboratory, Department "Tracks and track facility", FGAOU VO RUT (MIIT)

Elena N. GRIN',

Associate Professor, Department "Tracks and track facility", FGAOU VO RUT (MIIT)

Received 14.01.2020

Accepted 02.03.2020

For citation: Kaplin V.N., Abrashitov A.A., Grin' E.N. Technology and determination of the applicability of stone blowing at the current track maintenance. Vestnik of the Railway Research Institute. 2020. 79 (2): 74–79 (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2020-79-2-74-79>.