

УДК 625.4

Возможность продления срока службы трамвайного пути в Санкт-Петербурге

Д. А. Басовский¹, О. В. Востриков², Н. М. Панченко¹

¹Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

²СПб ГУП «Горэлектротранс», Российская Федерация, 196105, Санкт-Петербург, ул. Сызранская, 15

Для цитирования: Басовский Д. А., Востриков О. В., Панченко Н. М. Возможность продления срока службы трамвайного пути в Санкт-Петербурге // Бюллетень результатов научных исследований. — 2023. — Вып. 1. — С. 52–60. DOI: 10.20295/2223-9987-2023-1-52-60

Аннотация

Цель: Рассмотреть ключевые факторы жизненного цикла трамвайного пути: применяемые конструкции пути и используемые в них сочетания типов рельс и оснований. Показать преимущества бесшпальной конструкции трамвайных путей на основании из железобетонной плиты, залитой в 2 слоя. Отдельно обратить внимание на свойства и виды трамвайных рельсов отечественного и импортного производства, выполнить оценку расчетного и фактического их срока службы. **Методы:** Сравнение эксплуатационных и технических показателей рельсов, уложенных в г. Санкт-Петербурге, в том числе импортного производства. **Результаты:** Определено влияние показателя твердости поверхности желобчатых рельсов на срок их службы. Вывод об увеличении межремонтных сроков трамвайных путей при использовании рельсов высокой твердости получен на основе анализа статистических материалов СПб ГУП «Горэлектротранс», который подтвержден результатами расчетов сроков службы рельсов. **Практическая значимость:** Определена экономическая целесообразность заявленных к производству отечественных рельсов ООО «ЕВРАЗ», имеющих высокие параметры твердости, полученные без термического упрочнения. Принята необходимость выполнения программы опытной эксплуатации новых российских трамвайных рельсов в г. Санкт-Петербурге. В рамках реализации этой программы на базе СПб ГУП «Горэлектротранс» изготовлены кривые радиусом 20,30 метра из новых отечественных рельсов, которые показали значения твердости на поверхности катания 342 НВ, 364НВ для рельсов разных марок стали. Выполненная опытная укладка полученных кривых в трамвайные пути г. Санкт-Петербурга позволит проанализировать результаты проводимых обследований в процессе эксплуатации для формирования рекомендаций по применению трамвайных рельсов ООО «ЕВРАЗ».

Ключевые слова: Трамвайный путь, твердость, желобчатый рельс, срок службы, конструкция.

Трамвай является одним из основных видов городского пассажирского транспорта, к достоинствам которого относятся экологичность, высокая провозная способность, бесшумность и комфортность, при условии удовлетворительного состояния путей и подвижного состава. Одними из важных элементов путевого хозяйства, которые обеспечивают развитие трамвайного движения и определяют безопасность пассажирских перевозок, являются конструкция и состояние рельсового пути.

Эффективно и своевременно выполненные ремонтные работы обеспечивают экономию эксплуатационных расходов за счет увеличения межремонтного интервала, сокращения затрат на обслуживание трамвайных путей, при поддержании их в нормативном состоянии [1].

Для решения этих задач требуется применение конструкций пути и материалов, продлевающих срок службы трамвайного пути до капитального ремонта.

Так, в Санкт-Петербурге при ремонте трамвайного пути, размещенного в совмещенном с автодорогой полотне, успешно применяются бесшпальные конструкции пути (рис. 1) на бетонном (монолитном) основании [2].

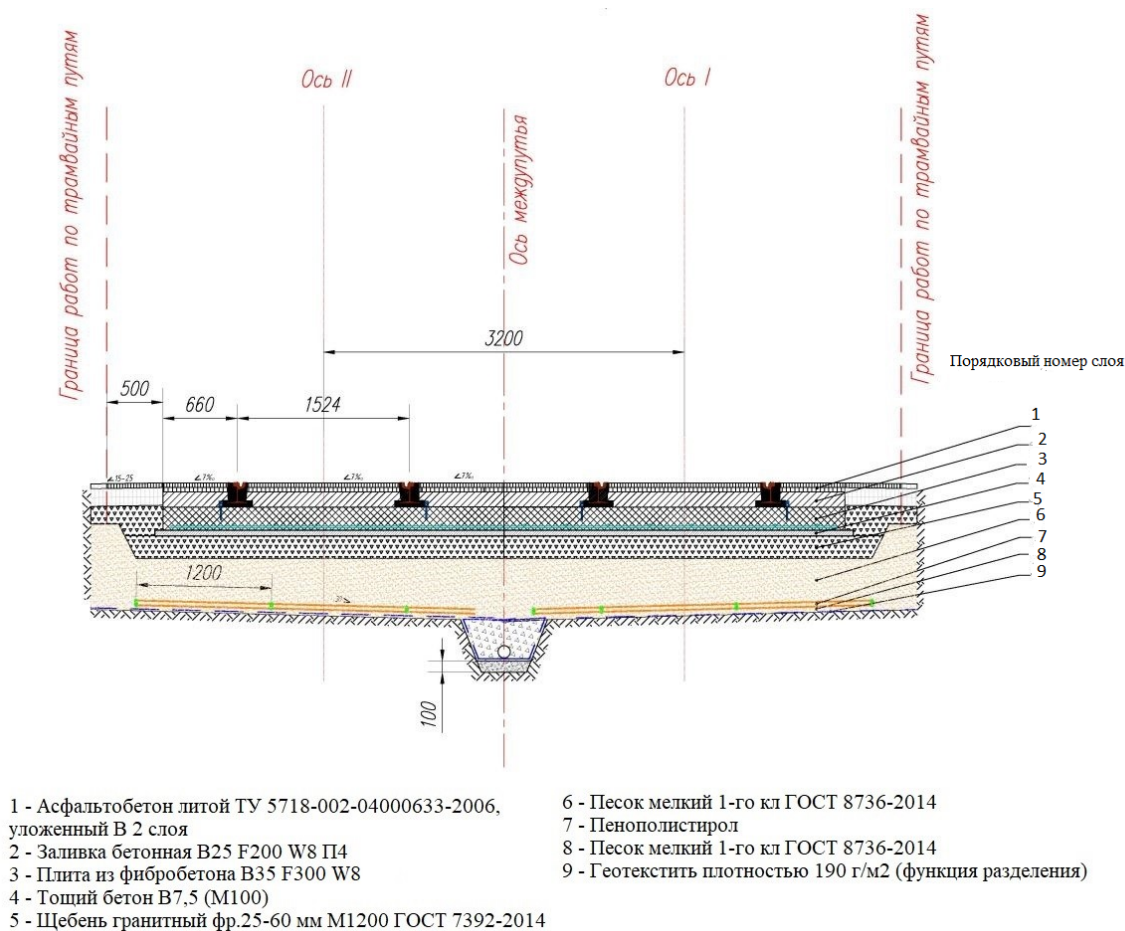


Рис. 1. Конструкция трамвайного пути на основании из железобетонной плиты, залитой в 2 слоя

Конструкция, представленная на рис. 1, не требует послеосадочной выправки, продлевает срок службы асфальтобетонного покрытия, обеспечивая равно нагруженную площадку земляного полотна, использование прирельсовых профилей, обеспечивает достижение приемлемых уровней шума и вибрации.

Срок службы такой конструкции пути зависит в основном от срока службы рельсов до замены, при которой обеспечивается возможность сохранения основания (нижней плиты) при разрушении верхнего слоя неармированного бетона [3, 4].

Для укладки в автодорожном полотне используются желобчатые трамвайные рельсы. На прямых участках допускается использование железнодорожных рельсов при условии формирования желоба для прохода гребня трамвайного колеса с помощью бетонных или полимерных прирельсовых вкладышей, однако такие решения являются более трудоемкими и не вполне технологичными.

Согласно требованиям нормативных документов (СП 98.13330.18), укладка железнодорожных рельсов в кривых допускается лишь при радиусах более 400 м по обеим рельсовым нитям и от 200 до 400 м рельсы железнодорожного типа укладываются с контррельсом, как по внутренней, так и по обеим ниткам. Во всех иных случаях ввиду особенностей вписывания экипажа трамвайного вагона в кривой остается необходимым применение для строительства трамвайных путей рельсов трамвайного профиля.

Однако выпускаемые в России до настоящего времени трамвайные желобчатые рельсы типа Т-62 [5]. имеют существенно меньший, по сравнению с железнодорожными рельсами типа Р-65, показатель твердости поверхности катания. В связи с чем в последнее время при ремонте трамвайных путей в совмещенном с автодорогой полотне применяются рельсы производства VoestAlpine (Австрия), имеющие показатель твердости 340 НВ, достигаемый путем термического упрочнения рельсов.

По данным СПб ГУП «Горэлектротранс», в настоящее время в Санкт-Петербурге эксплуатируются следующие типы рельсов (рис. 2).

Рельсы трамвайного типа, эксплуатируемые в Санкт-Петербурге, имеют разные показатели твердости на поверхности катания, значение которой влияет на их износ и срок службы (62Ri ,60Ri-360НВ; Т-62, Т-58, Тв-60-260НВ; Тв-65-380НВ).

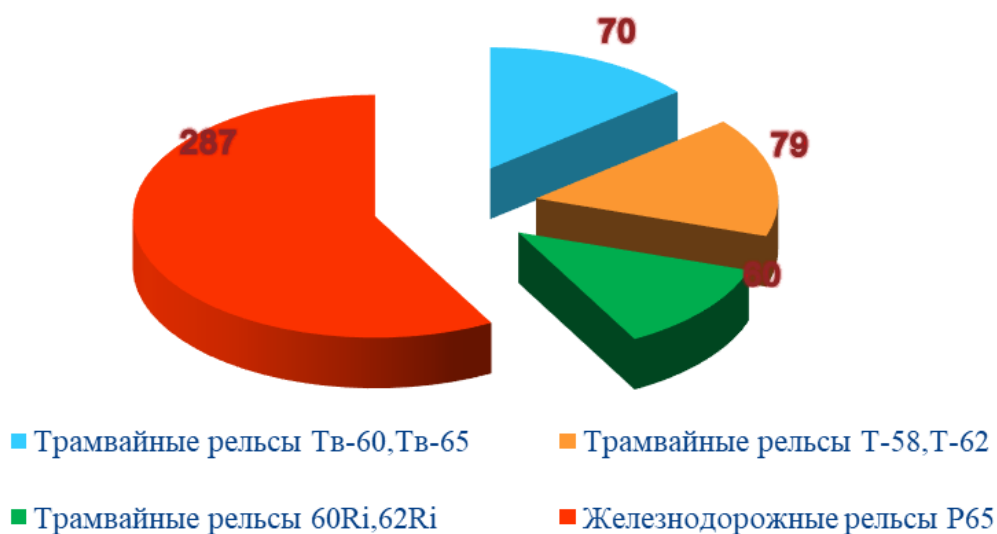


Рис. 2. Развернутая длина трамвайных путей СПб ГУП «Горэлектротранс» с рельсами различных типов на 1 января 2022 г., км оп.



Рис. 3. Интенсивность износа трамвайных рельсов на 1 млн тонн брутто в год

В ОСП «Служба пути» СПб ГУП «Горэлектротранс» были собраны и проанализированы статистические материалы по боковым и вертикальным износам головок различных типов рельсов трамвайного профиля на линиях с бесшпальными конструкциями пути на бетонном (монолитном) основании (рис. 3).

Оценивая полученные результаты на рассмотренных трамвайных линиях, можно сделать вывод, что для повышения надежности эксплуатации, увеличения межремонтных сроков трамвайных путей, исключения необходимости повторных затрат на укладку трамвайных рельсов, а также снижения эксплуатационных затрат целесообразно применять трамвайные рельсы высокой твердости.

Из данных рис. 3 следует, что рельсы типов 62Ri и 60Ri с твердостью до 360 НВ показывают на 40 % меньшую интенсивность износа по сравнению с рельсами типов Тв-62 с твердостью 260 НВ.

Кроме этого, по имеющимся эксплуатационным данным, величина и интенсивность появления волнообразного износа головок трамвайных рельсов малой твердости (Т-62, Т-58, Тв-60) в 2,5–3 раза больше, чем на рельсах повышенной твердости (Ri60, Ri62).

Дополнительно выполнен выборочный сравнительный расчет срока службы рельсов на линиях с бесшпальными конструкциями пути, по которым осуществляет движение современный подвижной состав с повышенными нагрузками на ось.

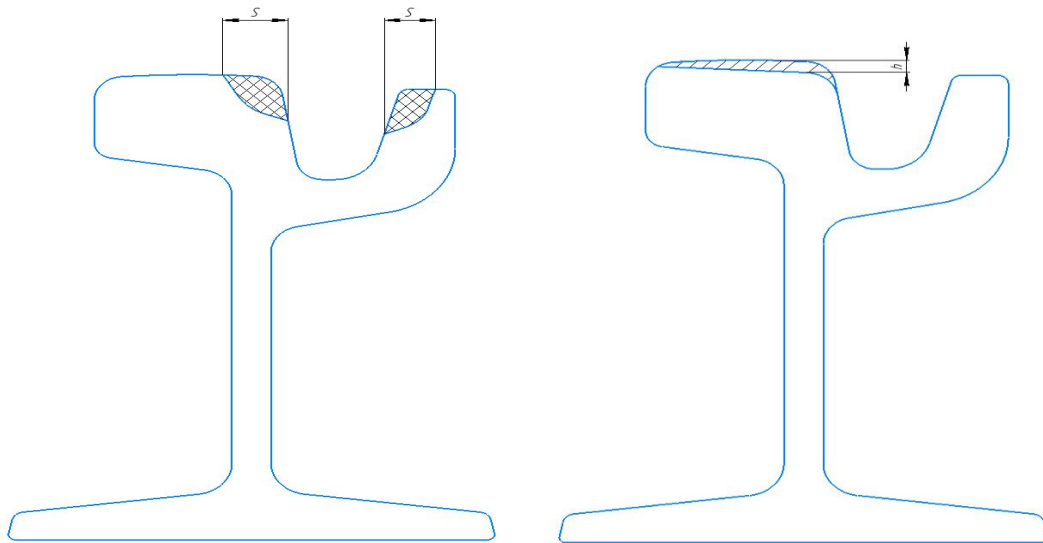


Рис. 4. Боковой и вертикальный износ головки и губки трамвайных рельсов

Величина износа головки рельса изменяется в зависимости от характеристик рельсового металла, способа изготовления рельсов, особенностей конструкции, состояния пути и подвижного состава.

В обычных для трамвая условиях работы предельное состояние рельсов определяется износом, который представляет собой основу для назначения капитального ремонта.

Срок службы трамвайного рельса определяется предельно допустимыми значениями вертикального и бокового износа [6].

ТАБЛИЦА 1. Допустимый боковой и вертикальный износ в соответствии с правилами технической эксплуатации трамвая

Виды износа рельсов	Тип рельсов	Допустимый износ, мм
Желобчатые рельсы		
Вертикальный износ	Тв-60, Т-58, Тв-65, Т-62	20
Боковой износ головки	Тв-60, Т-58, Тв-65, Т-62	18
Боковой износ губки	Тв-60, Т-58	10
	Тв-65, Т-62	18
Одновременный износ головки: по высоте боковой	Тв-60, Т-58	16
	Тв-65, Т-62	15

Для сравнения были выбраны трамвайные линии с использованием рельсов типа 62Ri, 60Ri и типа Тв-62. Результаты, полученные в ходе расчетов сроков службы рельсов [7, 8], подтверждают ранее сделанный вывод о том, что применение трамвайных рельсы высокой твердости 360 НВ увеличивает межремонтные сроки трамвайных путей.

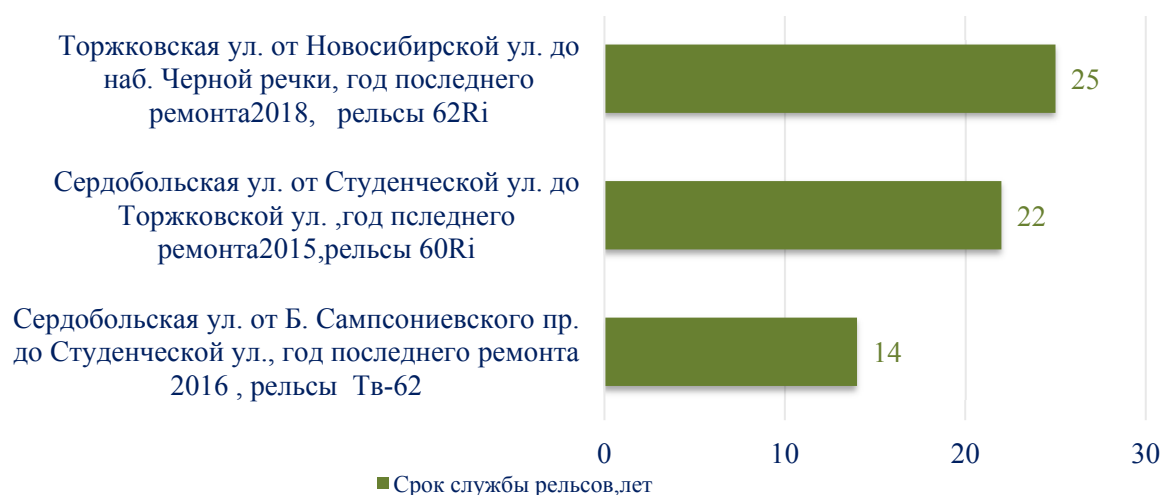


Рис. 5. Прогнозируемый срок службы рельсов

Из данных рис. 5 следует, что срок службы рельсы типов 62Ri и 60Ri с твердостью до 360 НВ на 44 % больше срока службы с рельсами типа Тв-62 с твердостью 260 НВ.

Современная экономическая ситуация ставит вопрос не только о рентабельности поставок импортных рельсов, но и гарантированности требуемых объемов и сроков поставок из-за рубежа. В этих условиях особое значение приобретает вопрос соответствия технических характеристик отечественных трамвайных рельсов современным требованиям для безопасной и надежной эксплуатации трамвайных путей.

В настоящее время компания «ЕВРАЗ» ведет научно-технические разработки новой продукции, направленные на повышение прочности и износостойкости рельсов для городского электротранспорта без термоупрочнения. Научно-исследовательским отделом металлургического комбината АО «ЕВРАЗ ЗСМК» отработана технология производства рельсов типа РТ-62 без закалки с получением твердости и механических свойств рельсов, близких к термически упрочненным. По новой технологии компанией «ЕВРАЗ» изготовлены трамвайные рельсы из разных марок стали, химический состав которых позволяет достичь значений твердости на поверхности катания 320 и 340 НВ.

Исходя из зарубежного опыта и по информации специалистов компании «ЕВРАЗ», имеется положительный результат сравнения опытных партий рельсов типа РТ62 двух уровней твердости (320 и 340 НВ) с зарубежными термически упрочненными аналогами производства VoestAlpine. Повышение твердости достигается без термоупрочнения за счет корректировки химического состава стали и отдельных параметров технологического процесса. Скорректированный химический состав стали обеспечивает хорошую свариваемость, улучшает ремонтпригодность трамвайных рельсов.



Рис. 6. Опытный участок экспериментальных трамвайных рельсов РТ62 категории прочности НТ300 на Петергофском шоссе, конечный пункт «ЛЭМЗ»

СПб ГУП «Горэлектротранс» совместно с компанией ЕВРАЗ разработана программа проведения эксплуатационных испытаний трамвайных рельсов типа РТ62 класса прочности НТ300 двух вариантов химического состава.

В рамках первого этапа испытаний из полученных рельсов на производственной базе СПб ГУП «Горэлектротранс» с помощью рельсогибочного станка были изогнуты рельсы радиусом 20, 30 метров.

При изгибе на рельсах не наблюдается трещин, складок, разрыва металла. Измерения твердости поверхности катания полученных рельсов с помощью электронного твердомера «ТЕМП-2» были проведены согласно порядку работы с прибором. Полученные средние значения составили 342 НВ, 364 НВ для рельсов разных марок стали.

Следующим этапом в рамках реализации программы испытаний выполнена укладка опытных образцов трамвайных рельсов двух типов РТ62 НТ300, профиля Х, прямолинейности В, марки стали Э76ХФ, твердостью на поверхности катания 320НВ и РТ62 НТ300, профиля Х, прямолинейности В, марки стали Э90ХАФ, твердостью на поверхности катания 340 НВ в кривых участках пути, эксплуатируемых в Санкт-Петербурге.

В ходе опытной эксплуатации с учетом интенсивности движения и грузонапряженности участков пути будут проведены обследования экспериментальных участков путей. Последующий анализ полученных данных, выполненный с привлечением специалистов научного сообщества, может дать результаты, которые позволят сделать вывод о целесообразности применения новых трамвайных рельсов производства компании «ЕВРАЗ» при реконструкции, капитальном и текущем ремонте трамвайных путей для повышения их эффективной работы.

Библиографический список

1. Минкин Д. Ю. Совершенствование конструкций трамвайных стрелочных переводов в Санкт-Петербурге / Д. Ю. Минкин, Е. П. Дудкин, Д. А. Басовский и др. // Путь и путевое хозяйство. — 2022. — № 01. — С. 15–16.
2. Дудкин Е. П. Опыт эксплуатации трамвайных путей в Санкт-Петербурге / Е. П. Дудкин, С. В. Китаев, О. В. Востриков // Транспорт Российской Федерации. — 2019. — № 3(82). — С. 47–50.
3. Дудкин Е. П. Отчет о научно-технической работе. Обоснование конструкции трамвайных путей для нового строительства, реконструкции, производства текущего и капитального ремонта в Санкт-Петербурге / Е. П. Дудкин. — СПб.: ПГУПС, 2013.
4. Альбом типовых конструкций трамвайных путей Санкт-Петербурга. — СПб., 2020.
5. ГОСТ Р 55941—2014. Рельсы трамвайные желобчатые. Технические условия.
6. Вериго М. Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава / М. Ф. Вериго, А. Я. Коган. — М.: Транспорт, 1986. — 556 с.
7. Садиков О. Н. Трамвайные пути. Устройство, ремонт и содержание / О. Н. Садиков. — М.: Транспорт, 1976. — 176 с.
8. Косой Ю. М. Путь и путевое хозяйство трамвая. Учебник для студентов строительных и транспортных специальностей вузов и системы послевузовского образования / Ю. М. Косой. — Нижний Новгород: Штрих-Н, 2008. — 332 с.

Дата поступления: 23.12.2022

Решение о публикации: 12.02.2023

Контактная информация:

БАСОВСКИЙ Дмитрий Аркадьевич — канд. техн. наук, доц.; basovskiy76@mail.ru

ВОСТРИКОВ Олег Владимирович — инженер, начальник службы пути; vost-ol@yandex.ru

ПАНЧЕНКО Наталья Михайловна — канд. техн. наук, доц.; panchnat@rambler.ru

Possibility of Extending Tramway Track Service Life in St. Petersburg

D. A. Basovsky¹, O. V. Vostrikov², N. M. Panchenko¹

¹Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

²St. Petersburg State Unitary Enterprise "Gorelektrotrans", 15, Syzranskaya str., Saint Petersburg, 196105, Russian Federation

For citation: Basovsky D. A., Vostrikov O. V., Panchenko N. M. Possibility of Extending Tramway Track Service Life in St. Petersburg. *Bulletin of scientific research results*, 2023, iss. 1, pp. 52–60. (In Russian) DOI: 10.20295/2223-9987-2023-1-52-60

Summary

Purpose: To consider tramway lifecycle key factors: track applied structures and used therein combinations of rail and foundation types. To show the advantages of sleeper-less tramway structure on the foundation with reinforced concrete slab filled in 2 layers. Separately, to pay attention on the properties and types of tram rails of domestic and imported production, to make assessment of their estimated and actual service life. **Methods:**

Comparison of operational and technical indicators of rails laid in St. Petersburg City, including imported ones. **Results:** The influence of surface hardness indicator of grooved rails on their service life is determined. The conclusion on increase of inter-repair time of tram tracks at the use of high-hardness rails was obtained based on the analysis of St. Petersburg State Unitary Enterprise “Gorelektrotrans” statistical materials which is confirmed by the results of service life calculations. **Practical significance:** Economic feasibility of declared for production EVRAZ LLC rails having hardness high parameters, obtained without thermal hardening, has been determined. The necessity of carrying out the program of experimental operation of new Russian tram rails in St. Petersburg has been accepted. In this program implementation frames, on the basis of St. Petersburg State Unitary Enterprise “Gorelektrotrans”, curves with 20-, 30-meter radius, made from new domestic rails, which have showed 342 HB, 364HB hardness values on rolling surface for different steel grade rails, have been made. Made experimental laying of obtained curves into tram tracks of St. Petersburg City will allow analyzing the results of conducted during operation explorations to form recommendations for the use of EVRAZ LLC tram rails.

Keywords: Tramway track, hardness, grooved rail, service life, structure.

References

1. Dudkin E. P., Kitaev S. V., Vostrikov O. V. Sovershenstvovanie konstruktsiy tramvaynykh strelochnykh perevodov v Sankt-Peterburge [Experience in the operation of tram tracks in St. Petersburg]. *Put' i putevoe khozyaystvo* [Transport of the Russian Federation]. 2019, Iss. 3(82), pp. 47–50. (In Russian)
2. Minkin D. Yu., Dudkin E. P., Basovsky D. A. et al. Opyt ekspluatatsii tramvaynykh putey v Sankt-Peterburge [Improving the design of tram turnouts in St. Petersburg]. *Transport Rossiyskoy Federatsii* [Path and track facilities]. 2022, Iss. 01, pp. 15–16. (In Russian)
3. Dudkin E. P. *Otchet o nauchno-tekhnicheskoy rabote. Obosnovanie konstruksii tramvaynykh putey dlya novogo stroitel'stva, rekonstruksii, proizvodstva tekushchego i kapital'nogo remonta v Sankt-Peterburge* [Report on scientific and technical work. Justification of the design of tram tracks for new construction, reconstruction, maintenance and overhaul in St. Petersburg]. St. Petersburg: PGUPS Publ., 2013. (In Russian)
4. *Al'bom tipovykh konstruktsiy tramvaynykh putey Sankt-Peterburga* [Album of typical designs of tramways in St. Petersburg]. St. Petersburg, 2020. (In Russian)
5. *GOST R 55941—2014. Rel'sy tramvaynye zhelobchatye. Tekhnicheskie usloviya* [GOST R 55941—2014. Grooved tram rails. Technical conditions]. (In Russian)
6. Verigo M. F., Kogan A. Ya. *Vzaimodeystvie puti i podvizhnogo sostava* [Interaction of track and rolling stock]. Moscow: Transport Publ., 1986, 556 p. (In Russian)
7. Sadikov O. N. *Tramvaynye puti. Ustroystvo, remont i soderzhanie* [Tram tracks. Device, repair and maintenance]. Moscow: Transport Publ., 1976, 176 p. (In Russian)
8. Kosoy Yu. M. *Put' i putevoe khozyaystvo tramvaya. Uchebnik dlya studentov stroitel'nykh i transportnykh spetsial'nostey vuzov i sistemy poslevuzovskogo obrazovaniya* [The way and track economy of the tram. Textbook for students of construction and transport specialties of universities and postgraduate education system]. Nizhniy Novgorod: Shtrik-N Publ., 2008, 332 p. (In Russian)

Received: December 23, 2022

Accepted: February 12, 2023

Author's information:

Dmitriy A. Basovsky — PhD in Engineering, Associate Professor; basovskiy76@mail.ru

Oleg V. Vostrikov — Engineer, Head of Track Service; vost-ol@yandex.ru

Natalia M. Panchenko — PhD in Engineering, Associate Professor; panchnat@rambler.ru