

УДК 725.35:004.94

Оценка влияния внутренних факторов на потребное число приемоотправочных путей технических станций

Д. Е. Богданович¹, С. В. Богданович²

¹Акционерное общество «Мосгипротранс», Российская Федерация, 129626, Москва, ул. Павла Корчагина, 2

²Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Богданович Д. Е., Богданович С. В. Оценка влияния внутренних факторов на потребное число приемоотправочных путей технических станций // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2023. — Т. 20. — Вып. 1. — С. 231–238. DOI: 10.20295/1815-588X-2023-1-231-238

Аннотация

Цель: Рассмотреть влияние продолжительности элемента времени ожидания выполнения операций по смене локомотива и локомотивной бригады у транзитных поездов без переработки, прибывающих на техническую станцию, на потребное число приемоотправочных путей. В имитационной модели проводится сравнение базового варианта и вариантов, учитывающих введение вышеприведенных факторов. Основной целью проведения имитационных экспериментов является нахождение потребного числа приемоотправочных путей в транзитных парках технических станций при различных вариациях исходных данных. Посредством модели определяются следующие основные показатели, на основании которых выполняется сравнение полученных вариантов: количество пропущенных поездов; загрузка приемоотправочных путей (%); продолжительность занятия путей за сутки под различными операциями. **Методы:** Использование основных принципов и методов имитационного моделирования для оценки влияния моделируемых факторов на потребное число приемоотправочных путей. **Результаты:** Полученные результаты свидетельствуют об адекватности предложенной имитационной модели для оценки влияния внутренних факторов на потребное число приемоотправочных путей, что подтверждается полученными результатами. **Практическая значимость:** Полученные результаты можно использовать при разработке рекомендаций по корректировке существующих норм проектирования.

Ключевые слова: Железнодорожная станция, путевое развитие, имитационная модель, приемоотправочные пути.

Имитационное моделирование является одним из наиболее точных методов, применяемых при расчетах технико-технологических параметров работы транспортных объектов, имеющих сложную структурную конфигурацию [1]. К таким объектам относятся технические станции — участковые и сортировочные. Сложность расчетов увеличивается в случае, если данные станции, в частности участковые, являются стыковыми разных видов тока или границами гарантийных

участков обслуживания. В данном случае обязательно выполняются технологические операции по смене локомотива или локомотивной бригады и проведении технического обслуживания.

В текущих условиях развития техники и технологий известно, что наиболее перспективным направлением является применение полигонных технологий. Они дают возможность (при использовании современных тяговых средств — электровозов серий 3ЭС10 «Гранит», 2ЭС6 «Синара»,

ЗЭС5К «Ермак», доля которых за последние 5 лет возросла с 25 до 40 %) водить не только поезда повышенной массы и соединенных, но и увеличить протяженность участков обращения локомотивов, а также увеличить протяженность плеч работы локомотивных бригад. Помимо этого, установленные гарантийные участки повышенной протяженности (до 2300 км — для серийных груженых вагонов, до 3300 км — для серийных порожних вагонов, до 4000 км — для ускоренных контейнерных поездов, до 6000 км — для инновационных вагонов) дают возможность сократить, но не исключить число остановок транзитных грузовых поездов для проведения технического обслуживания. Кроме того, технические станции являются структурным элементом в логистической цепи доставки грузов, и оптимизация времени нахождения транзитного поезда по операциям смены локомотива или локомотивной бригады также является актуальной задачей [2, 3]. Несмотря на наличие данных преимуществ развития перевозочного процесса, на технических станциях продолжает остро стоять проблема наличия и емкости приемоотправочных путей [4–6].

Таким образом, необходимость исследования влияния внешних и внутренних условий на ритмичность работы станций по переработке транзитного поездопотока остается актуальной [7, 8]. Кроме того, имитационное моделирование дает возможность актуализировать и дать возможность внести коррективы в действующие нормы расчета путевого развития железнодорожных станций [9, 10].

Для оценки влияния технико-технологических параметров выполнено имитационное моделирование по определению требуемого числа приемоотправочных путей в зависимости от расчетного числа грузовых поездов в сутки при следующих условиях:

– отсутствии влияния внешних или внутренних факторов, влияющих на задержки поездов в ожидании выполнения операций;

– влиянии факторов (наличие технологических «окон», задержки в ожидании выполнения операций по смене локомотивной бригады или локомотива).

Расчеты в имитационной модели выполняются последовательно, т. е. при последовательном увеличении размеров грузового движения при выбранном количестве приемоотправочных путей. После определения максимально возможных размеров грузового движения выполняются дополнительные эксперименты для определения влияния различных факторов на количество приемоотправочных путей. Расчеты проводились для приемоотправочных парков участковых станций.

Также вводится понятие «период приемоотправочного парка» — это минимальное время занятия пути одним поездом или минимальная продолжительность обработки транзитного поезда согласно данным типового технологического процесса работы сортировочной (участковой) станции [11, 12]. Таким образом, максимальное число поездов, которое поступит в парк за данный период времени, будет являться потребным числом приемоотправочных путей в данном парке. На рис. 1 представлены результаты имитационного моделирования потребного числа приемоотправочных путей при смене локомотива (рис. 1, а) и смене локомотивной бригады (рис. 1, б) в «идеальных условиях» (при отсутствии влияния внешних и внутренних факторов). Это так называемый базовый вариант, т. е. вариант, когда отсутствуют внешние факторы, влияющие на длительность нахождения поезда под обработкой в приемоотправочном парке.

Результаты расчетов показали, что расчетное число путей имеет прямо пропорциональную зависимость от числа грузовых поездов, поступающих на станцию, и длительности их обработки. При этом наибольшее число поездов, поступающих за период, равный продолжительности тех-

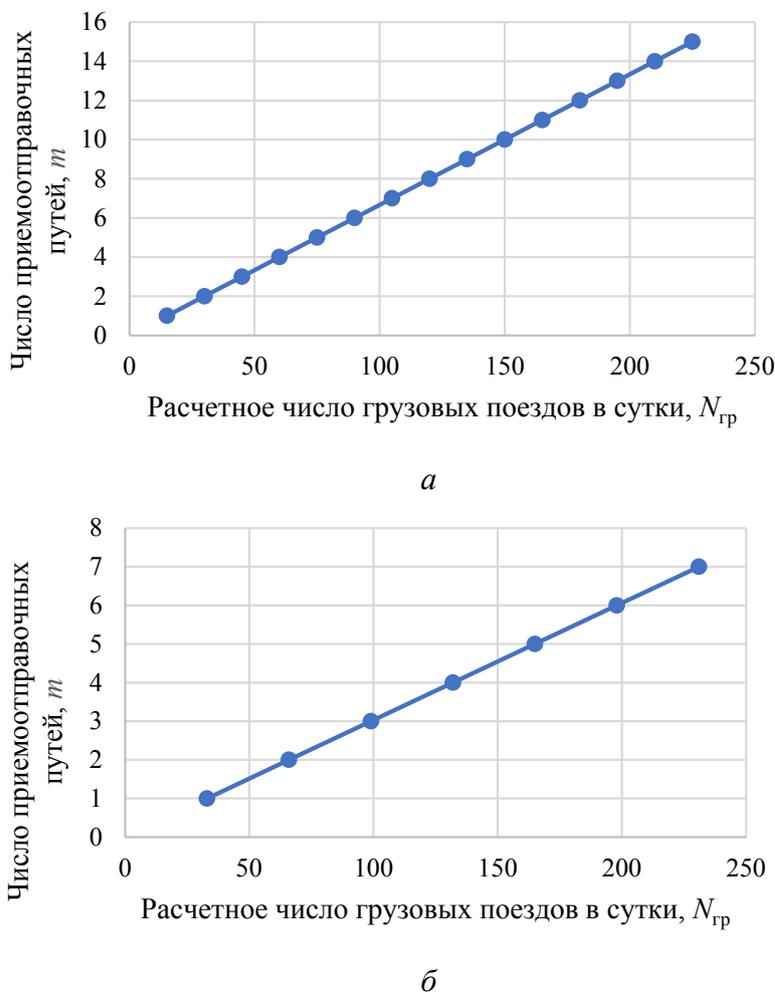


Рис. 1. Зависимость потребного числа приемоотправочных путей от расчетного числа грузовых поездов (базовый вариант):
 а — смена локомотива; б — смена локомотивной бригады

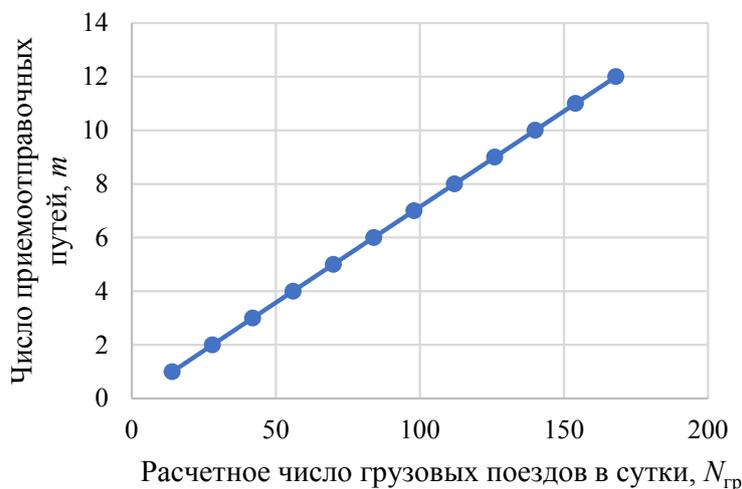
нического обслуживания, будет определять число приемоотправочных путей в парке.

Для оценки влияния внешних факторов на число приемоотправочных путей были проведены эксперименты при введении в имитационную модель технологических «окон» продолжительностью 75 и 150 мин (соответственно при примыкании однопутного и двухпутного перегона). На рис. 2 в качестве примера приведены полученные результаты моделирования для технологического «окна» 75 мин.

При сравнении с базовым вариантом установлено, что интервал прибытия грузовых поездов в парк снижается и, как следствие, ведет к

недостатку приемоотправочных путей при расчетных размерах движения. Например, в случае смены локомотива расчетное число путей снижается на 1 при продолжительности технологического «окна» 75 мин, на 2 — при продолжительности технологического «окна» 150 мин при тех же размерах движения, что в базовом варианте.

При моделировании данного варианта для оценки влияния продолжительности ожидания выполнения смены локомотива и локомотивной бригады в имитационной модели выполняется генерация случайных чисел времени ожидания. Продолжительность времени ожидания локомо-



а

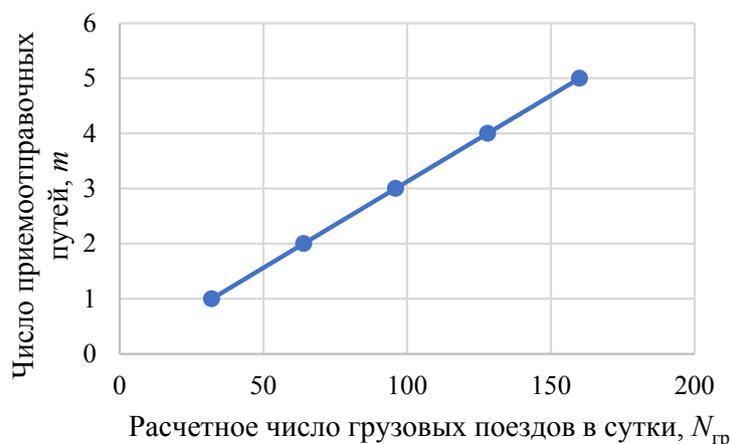
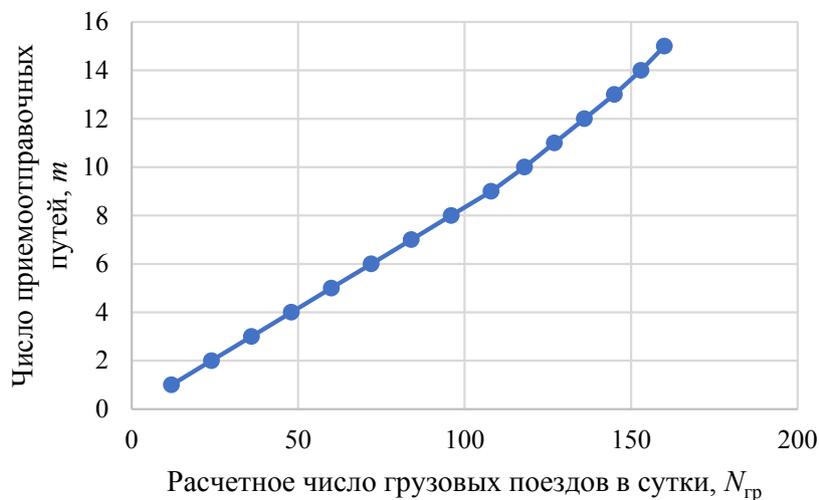


Рис. 2. Зависимость числа приемоотправочных путей от расчетного числа грузовых поездов при продолжительности технологического «окна» 75 мин:
 а — смена локомотива; б — смена локомотивной бригады

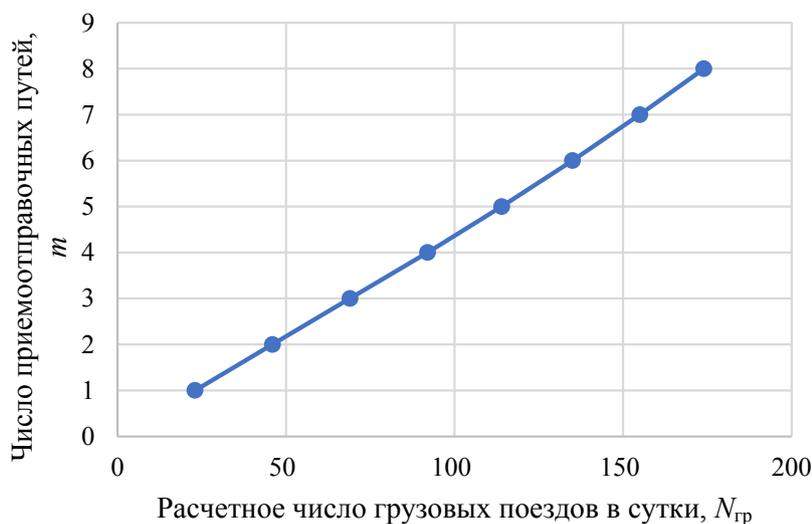
тива или локомотивной бригады, предлагается определять как математическое ожидание от переменных k и λ , распределенных по закону Эрланга (гамма-распределение). Эксперимент проводился для следующих вариантов: при смене локомотива — продолжительность ожидания распределяется по закону Эрланга при $k = 1$ и $\lambda = 0,05$ (математическое ожидание составляет 20 мин), при $k = 2$ и $\lambda = 0,05$ (математическое ожидание составляет 40 мин); при смене локомотивной бригады — продолжительность ожидания распределяется по закону Эрланга при $k = 1$ и $\lambda = 0,1$ (математическое ожидание состав-

ляет 10 мин), при $k = 1$ и $\lambda = 0,05$ (математическое ожидание составляет 20 мин). На рис. 3 представлены результаты расчетов.

Как следует из результатов моделирования, при ожидании смены локомотивов (локомотивных бригад) необходимое количество путей по сравнению с предыдущим экспериментом увеличивается. При поступлении в парк более 100 грузовых поездов возникает экспоненциальный рост в потребности путей. Это связано с более широким распределением продолжительности ожидания локомотивов (локомотивных бригад).



а



б

Рис. 3. Зависимость числа приемоотправочных путей от расчетного числа грузовых поездов, поступающих в парк, с параметрами $k = 1$ и $\lambda = 0,05$:

а — ожидание смены локомотива; б — ожидание смены локомотивной бригады

В имитационной модели может быть проведена оценка влияния пассажирского движения, пригородного движения в часы пик, числа бригад ПТО. Полученные результаты моделирования показали эффективность имитационной модели для оценки влияния указанных факторов и дают возможность определить расчетное число приемоотправочных путей при воздействии заданных факторов.

Заключение

Таким образом, было установлено:

– разработанная имитационная модель показала эффективность в оценке влияния внутренних факторов на потребное число приемоотправочных путей технической станции при переработке транзитного поездопотока со сменой локомотива или локомотивной бригады;

– результаты, получаемые в процессе моделирования, могут учитываться в оперативном планировании и диспетчерском регулировании поездопотоками на полигоне для сокращения времени ожидания выполнения технологических операций;

– полученные результаты возможно использовать при разработке рекомендаций по корректировке существующих норм проектирования путевого развития технических станций.

Библиографический список

1. Тимченко В. С. Эволюция имитационных моделей железнодорожных участков: от оценки пропускной способности к максимальным размерам движения / В. С. Тимченко, В. В. Костенко, Д. Е. Богданович // Вестник транспорта Поволжья. — 2019. — № 3(75). — С. 75–80.
2. Покровская О. Д. Состояние транспортно-логистической инфраструктуры для угольных перевозок в России / О. Д. Покровская // Инновационный транспорт. — 2015. — № 1(15). — С. 13–23.
3. Покровская О. Д. Логистическая классность железнодорожных станций / О. Д. Покровская // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. — 2018. — № 2(38). — С. 68–76.
4. Мишарин А. С. Имитационная экспертиза проектов развития транспортной инфраструктуры / А. С. Мишарин, П. А. Козлов // Железнодорожный транспорт. — 2014. — № 4. — С. 52–54.
5. Косенко С. А. Проектирование путевого развития станций и выбор конструкций верхнего строения пути для тяжеловесного движения поездов / С. А. Косенко, С. В. Богданович, С. С. Акимов // Вестн. Сибирск. гос. ун-та путей сообщения. — 2018. — № 4(47). — С. 21–29.
6. Akimov S. Stability of the supporting subgrade on the tracks with heavy train movement. Advances in intelligent systems and computing / S. Akimov, S. Kosenko, S. Bogdanovich // VIII International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia. — Novosibirsk: Siberian State Transport University, 2020. — Pp. 228–236.
7. Козлов П. А. Об имитационном моделировании и имитационных системах / П. А. Козлов, В. С. Колокольников, Е. В. Копылова // Транспорт Урала. — 2019. — № 1(60). — С. 3–6.
8. Козлов П. А. Исследование проектов развития железнодорожных станций и полигонов с помощью имитационного моделирования / П. А. Козлов, О. В. Осокин, В. С. Колокольников // Железнодорожный транспорт. — 2018. — № 6. — С. 12–16.
9. Костенко В. В. Практическое применение цифровой модели для технико-экономического обоснования реконструкции железнодорожной станции / В. В. Костенко, Д. Е. Богданович // Бюллетень результатов научных исследований. — 2021. — № 1. — С. 61–73.
10. Костенко В. В. О внесении изменений в расчетные формулы потребного числа приемоотправочных путей в парках технических станций / В. В. Костенко, Д. Е. Богданович // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2021. — Т. 18. — № 1. — С. 16–24.
11. Типовой технологический процесс работы сортировочной станции ОАО «РЖД» / ОАО «РЖД». — М., 2015. — 374 с.
12. Типовой технологический процесс работы участковой станции ОАО «РЖД» / ОАО «РЖД». — М., 2016. — 178 с.

Дата поступления: 07.02.2023

Решение о публикации: 28.02.2023

Контактная информация:

БОГДАНОВИЧ Данила Евгеньевич — инженер; bogdan_danila@inbox.ru

БОГДАНОВИЧ Светлана Васильевна — канд. техн. наук, доц.; s.v.bogdanovich@mail.ru

Assessment of Internal Factors Influence on the Required Number of Receiving Ways at Technical Stations

D. E. Bogdanovich¹, S. V. Bogdanovich²

¹JSC «Mosgioprotrans», 2, Pavel Korchagin str., Moscow, 129626, Russian Federation

²Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

For citation: Bogdanovich D. E., Bogdanovich S. V. Assessment of Internal Factors Influence on the Required Number of Receiving Ways at Technical Stations // *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2023, vol. 20, iss. 1, pp. 231–238. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2023-1-231-238

Summary

Purpose: To consider the duration effect of waiting time element for to perform operations on locomotive and locomotive crew change for transit trains without processing which arrive at the technical station on the required number of receiving tracks. In the simulation model, comparison of basic variant and the variants counting the introduction of the above factors is carried out. The main purpose of holding simulation experiments is to find receiving route required number in transit parks of technical stations at various variations of initial data. By means of the model, the following main indicators are determined which basis on, there're compared the obtained options: missed train number; receiving tracks load (%); track occupation duration per day under various operations. **Methods:** The use of basic principles and simulation modeling methods to assess the impact of being simulated factors on receiving track required number. **Results:** The obtained results indicate proposed simulation model adequacy for assessing internal factor influence on receiving-forwarding track required number that's confirmed by the obtained results. **Practical significance:** The obtained results can be used in recommendation development for the adjustment of existing planning standards.

Keywords: Railway station, track development, simulation model, receiving-forwarding tracks.

References

1. Timchenko V. S., Kostenko V. V., Bogdanovich D. E. Evolyuciya imitacionnyh modelej zheleznodorozhnyh uchastkov: ot ocenki propusknoj sposobnosti k maksimal'nym razmeram dvizheniya [Evolution of railway section simulation models: from estimating traffic capacity to maximum traffic volumes]. *Vestnik transporta Povolzh'ya* [Transport Bulletin of the Volga region], 2019, Iss. 3(75), pp. 75–80. (In Russian)

2. Pokrovskaya O. D. Sostoyanie transportno-logisticheskoy infrastruktury dlya ugol'nykh perevozok v Rossii [The state of transport and logistics infrastructure in Russian coal transportation industry]. *Innovatsionnyy transport* [Innotrans]. 2015, Iss. 1(15), pp. 13–23. (In Russian)

3. Pokrovskaya O. D. Logisticheskaya klassnost' zheleznodorozhnykh stantsiy [Logistic rating of railway stations]. *Vestnik Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya* [Herald of the Ural State University of Railway Transport]. 2018, Iss. 2(38), pp 68–76. (In Russian)

4. Misharin A. S., Kozlov P. A. Imitacionnaya ekspertiza proektov razvitiya transportnoj infrastruktury [Simulation examination of transport infrastructure development projects]. *Zheleznodorozhnyy transport* [Railway Transport]. 2014, Iss. 4, pp. 52–54. (In Russian)

5. Kosenko S. A., Bogdanovich S. V., Akimov S. S. Proektirovanie putevogo razvitiya stancij i vybor konstrukcij verhnego stroeniya puti dlya tyazhelovesnogo dvizheniya poezdov [Station track design and selection of the track superstructure

for heavy train traffic]. *Vestn. Sibirsk. gos. un-ta putey soobshcheniya* [Vestnik of Siberian State Transport University]. 2018, Iss. 4 (47), pp. 21–29. (In Russian)

6. Akimov S., Kosenko S., Bogdanovich S. Stability of the supporting subgrade on the tracks with heavy train movement. *Advances in intelligent systems and computing. VIII International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia*. Novosibirsk: Siberian State Transport University, 2020, pp. 228–236.

7. Kozlov P. A., Kolokol'nikov V. S., Kopylova E. V. Ob imitacionnom modelirovanii i imitacionnyh sistemah [On simulation modeling and simulation systems]. *Transport Urala* [Transport of the Urals], 2019, Iss. 1(60), pp. 3–6. (In Russian)

8. Kozlov P. A., Osokin O. V., Kolokol'nikov V. S. Issledovanie proektov razvitiya zheleznodorozhnykh stantsij i poligonov s pomoshch'yu imitacionnogo modelirovaniya [Study of railway stations and landfills development projects using simulation modeling]. *Zheleznodorozhnyj transport* [Railway Transport], 2018, Iss. 6, pp. 12–16. (In Russian)

9. Kostenko V. V., Bogdanovich D. E. Prakticheskoe primeneniye tsifrovoy modeli dlya tekhniko-ekonomicheskogo obosnovaniya rekonstruktsii zheleznodorozhnoy stantsii [Practical application of a digital model for a railway station reconstruction feasibility study]. *Byulleten' rezul'tatov nauchnykh issledovaniy* [Bulletin of scientific research results]. 2021, Iss. 1, pp. 61–73. DOI: 10.20295/2223-9987-2021-1-61-73. (In Russian)

10. Kostenko V. V., Bogdanovich D. E. O vnesenii izmeneniy v raschetnye formuly potrebnogo chisla priemootpravochnykh putey v parkakh tekhnicheskikh stantsiy [On amendments to the calculation formulas for the required number of receiving and departure tracks in the technical station yards]. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya* [Proceedings of Petersburg Transport University]. 2021, vol. 18, Iss. 1, pp. 16–24. (In Russian)

11. *Tipovoy tekhnologicheskij protsess raboty sortirovochnoy stantsii OAO "RZhD"* [Typical technological process of the sorting station of JSC "Russian Railways"]. OAO "RZhD" [JSC "Russian Railways"]. Moscow, 2015, 374 p. (In Russian)

12. *Tipovoy tekhnologicheskij protsess raboty uchastkovoy stantsii OAO "RZhD"* [Typical technological process of the work of the local station of JSC "Russian Railways"]. OAO "RZhD" [JSC "Russian Railways"]. Moscow, 2016, 178 p. (In Russian)

Received: February 07, 2023

Accepted: February 28, 2023

Author's information:

Danila E. BOGDANOVICH — Leading Engineer;
bogdan_danila@inbox.ru

Svetlana V. BOGDANOVICH — PhD in Engineering,
Associate Professor; s.v.bogdanovich@mail.ru