

DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-4-329

EDN: WOTLEB

УДК 656.27:656.2



Научная статья | Транспортные и транспортно-технологические системы

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ УСТРОЙСТВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ НА МАЛОДЕЯТЕЛЬНЫХ УЧАСТКАХ**

*А.В. Горелик, Н.В. Романов, Т.С. Щедрина*

### ***Аннотация***

В статье предложена технологическая модель организации эффективного технического обслуживания устройств сигнализации, централизации и блокировки на малоделятельном участке.

В настоящее время периодичность технического обслуживания объектов инфраструктуры на малоделятельных участках осуществляется с регламентированной периодичностью.

В то же время, контроль технического состояния, обслуживание и ремонт устройств сигнализации, централизации и блокировки зависят от различных параметров рассматриваемого участка, таких как, интенсивность движения поездов, пропускная и провозная способность, наличие или отсутствие систем диагностики и мониторинга на участке и других.

Предложенная модель позволяет осуществлять обоснованный выбор технологии организации технической эксплуатации систем обеспечения движения поездов на перегонах и станциях с малой интенсивностью движения поездов, с учетом выполнения объектами инфраструктуры возлагаемых на них функций безопасности, а также соблюдением установленных значений показателей технико-экономической эффективности.

Технологическая модель разработана с применением методов оценки рисков надежности и безопасности функционирования объ-

ектов сигнализации, централизации и блокировки, методов оптимизации производственных процессов и минимизации непроизводительных потерь, моделирования указанных процессов с помощью метода функциональных сетей.

Технологическая модель является инструментом принятия решения о применении той или иной технологии организации технического обслуживания систем и устройств сигнализации централизации и блокировки на участке с малоинтенсивным движением поездов.

Практическое применение предложенной модели реализуется путем автоматизации ее положений с использованием соответствующих информационных систем.

**Ключевые слова:** малодетальные участки; техническое обслуживание; устройства сигнализации; устройства централизации; устройства блокировки; технологическая модель

**Для цитирования.** Горелик А.В., Романов Н.В., Щедрина Т.С. Организация эффективного технического обслуживания устройств железнодорожной автоматики и телемеханики на малодетальных участках // International Journal of Advanced Studies. 2024. Т. 14, № 4. С. 169-184. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-4-329

Original article | Transport and Transport-Technological Systems

## **THE ORGANIZATION OF EFFECTIVE MAINTENANCE OF RAILWAY AUTOMATION AND TELEMCHANICS DEVICES IN LOW-ACTIVITY SECTIONS**

*A.V. Gorelik, N.V. Romanov, T.S. Shhedrina*

### ***Abstract***

The article proposes a technological model for the organization of effective maintenance of signaling, centralization and blocking devices in low-active section.

Currently, the frequency of maintenance of infrastructure facilities in low-activity section is carried out with a regulated cyclic.

At the same time, the control of the technical condition, maintenance and repair of signaling, centralization and blocking devices depend on various parameters of the site in question, such as the intensity of train movement, traffic capacity and carrier capacity, the presence or absence of diagnostic and monitoring systems on the site and others.

The proposed model makes it possible to make a reasonable choice of technology for organizing the technical operation of train movement system on stretches and stations with low train traffic, taking into account the performance of safety functions assigned to them by infrastructure facilities, as well as compliance with established values of technical and economic efficiency indicators.

The technological model was developed using methods for assessing the risks of reliability and safety of alarm devices, centralization and blocking, methods for optimizing production processes and minimizing unproductive losses, modeling these processes using the method of functional networks.

The technological model is a decision-making tool for the application of a particular technology for the organization of maintenance of systems and devices for signaling, centralization and blocking in low-active section train traffic.

The practical application of the proposed model is realized by automatization of its provisions using appropriate information systems. Keywords: inactive sites, maintenance, alarm, centralization and blocking, technological model.

**Keywords:** low-active sections; maintenance; signalling devices; centralization devices; blocking devices; technological model

**For citation.** Gorelik A.V., Romanov N.V., Shhedrina T.S. The Organization of Effective Maintenance of Railway Automation and Telemechanics Devices in Low-Activity Sections. *International Journal of Advanced Studies*, 2024, vol. 14, no. 4, pp. 169-184. DOI: 10.12731/2227-930X-2024-14-4-329

На малоделятельных участках железной дороги параметры движения поездов значительно отличаются от участков с интенсивным движением. Это требует индивидуального подхода

при выборе технологии содержания и эксплуатации систем обеспечения движения поездов. В соответствии с действующими локальными нормативными актами ОАО «Российские железные дороги» [7], контроль технического состояния устройств сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ), их периодические осмотры и текущий ремонт осуществляется через строго определенные периоды времени, при этом как правило периодичность указанных осмотров, в незначительной степени зависит от интенсивности движения поездов на том или ином железнодорожном (ж.д.) участке. Такой подход приводит к неэффективному расходованию материальных ресурсов и денежных средств, выделяемых на текущее содержание объектов ж.д. инфраструктуры, так как указанные затраты не учитывают риски возможных потерь от отказов различных транспортных объектов, прежде всего расположенных на участках с незначительным размером движения поездов и объемом маневровой работы. Очевидно, что кроме размеров движения поездов, технология содержания и эксплуатации объектов инфраструктуры, должна зависеть от технологической оснащенности станций и перегонов системами диагностики и мониторинга, современными системами автоматического контроля технического состояния систем обеспечения движения поездов.

Рекомендации и нормативные требования, определяющие влияние указанных показателей на технологию эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры приведены в работах [1; 7-18]. Поэтому требуется разработать технологическую модель организации эффективного технического обслуживания устройств СЦБ на малодеятельных участках (далее – технологическая модель), на основе которой, можно было бы осуществлять обоснованный выбор технологии организации технической эксплуатации систем обеспечения движения поездов на перегонах и станциях с незначительным объемом поездной и маневровой работы, с учетом выполнения объектами инфраструктуры возлагаемых на них



функций безопасности, а также соблюдением установленных значений показателей технико-экономической эффективности.

Линия считается малодетальной (специализации «М»), если суммарный размер движения по ней пассажирских и грузовых поездов не превышает 8 пар поездов в сутки, а приведенная грузонапряженность составляет не более 5 млн. т-км брутто/км в год [9]. С учетом средней технической скорости движения поездов, класс такой малоинтенсивной линии может варьироваться от второго до пятого (Таблица 1).

Таблица 1.

## Классы железнодорожных линий для специализации «М»

| Годовая грузо-<br>напряженность<br>(млн. ткм брут-<br>то/км) | $> 110$ | $\geq 77$ и $\leq 110$ | $\geq 77$ и $\leq 110$ | $\geq 77$ и $\leq 110$ | $\geq 77$ и $\leq 110$ | $\geq 77$ и $\leq 110$ | $\geq 77$ и $\leq 110$ | $> 110$ |
|--|---------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------|
|  | $> 90$  | $\geq 77$ и $\leq 90$  | $\geq 77$ и $\leq 90$  | $\geq 77$ и $\leq 90$  | $\geq 77$ и $\leq 90$  | $\geq 77$ и $\leq 90$  | $\geq 77$ и $\leq 90$  | $> 90$  |
| Класс железно-<br>дорожной линии                             | 2       | 2                      | 3                      | 4                      | 4                      | 5                      | 5                      | 5       |

Несмотря на незначительную долю малодетальных участков на сети железных дорог общего пользования, эти ж.д. линии играют важную социальную роль, и часто являются единственным доступным средством сообщения, для жителей небольших поселков или деревень, существенно удаленных от промышленных центров. Для содержания таких объектов ж.д. инфраструктуры необходимо эффективное распределение ограниченных денежных средств, которые как правило выделяются на условиях финансирования транспортной компании и средствами региональных бюджетов. Также, в соответствии с [11], к рассматриваемым ж.д. участкам могут относиться не только линии с преимущественно пассажирским движением, но и другие типы малодетальных линий, характеристики которых приведены в таблице 2.

Таким образом, в отдельных случаях необходимость функционирования малодетальной линии может быть обусловлена не только социальными или экономическими причинами, но и

требованиями по обеспечению обороноспособности страны, что лишний раз подтверждает необходимость научно-обоснованного подхода к выбору технологии организации технического обслуживания систем и устройств СЦБ.

Таблица 2.

Типы малодетальных линий

| № | Типы малодетальных линий   | Характер эксплуатации   |
|---|--|---|
| 1 | Линии, обеспечивающие перевозки для объектов Министерства обороны Российской Федерации | Наличие на линии объектов Министерства обороны РФ в количестве 1 и более. На линии осуществляется движение как пассажирских, так и грузовых поездов |
| 2 | Линии с грузовым движением   | На линии отсутствует движение пассажирских и пригородных поездов  |
| 3 | Линии с пассажирским движением   | На линии отсутствует движение грузовых поездов  |
| 4 | Линии со смешанным движением   | На линии осуществляется движение грузовых и пассажирских поездов. Отсутствуют объекты Министерства обороны РФ                                       |
| 5 | Технологические линии  | Транзитные и внутриузловые линии  |

На малодетальных участках (линий 5, 4 и отдельных участках 3 класса) назначение работ по ТО и ремонту (ТО и Р) устройств (систем) СЦБ могут осуществляться в случае фактического отказа этих систем [10]. При этом профилактические осмотры и текущий ремонт устройств участвующих в реализации функций безопасности, связанных с контролем выполнения условий безопасности движения поездов должны, в любом случае, осуществляться с нормированной периодичностью. При применении в составе устройств (систем) СЦБ элементов резервирования, назначение работ по ТО и Р производится по факту отказа основного элемента и перехода на резервный. Применение данного вида ТО и Р обеспечивает отказоустойчивость системы обеспечения движения поездов в целом, при отказах отдельных элементов такой системы, существенно снижает возможные потери вызванные от-

казами устройств СЦБ, и позволяет эксплуатировать объекты железнодорожной инфраструктуры до их перехода в придельное состояние, что особо актуально в условиях финансового дефицита.

В настоящее время на сети железных дорог России эксплуатируется порядка 10% станций и 12% перегонов [12], относящихся к малоделятельным линиям. Кроме того, около 70% таких перегонов оборудованы системой полуавтоматической блокировки, а более 50% станций имеют 6 и менее путей. Учитывая малую долю объектов СЦБ (примерно 11% от всего объема по сети железных дорог), а также низкую оснащенность таких участков современными техническими средствами, организация их эффективного, с экономической точки зрения, технического обслуживания требует тщательного анализа производственных процессов на данных участках, с учетом особенностей организации движения поездов.

При обосновании целесообразности планирования и проведения тех или иных мероприятий, направленных на повышение эффективности процесса технического обслуживания и ремонта систем и устройств СЦБ необходима, прежде всего оценка целевых показателей [13]:

$$n_{\text{нал}}^{\text{ЖАТ}} > n_{\text{потр}}^{\text{ЖАТ}}; \quad (1)$$

$$\forall i (\lambda_{oi}^{\phi} > \lambda_{oi}^{\text{н}}); \quad (2)$$

$$K_{\Gamma 12}^{\phi \text{ ЖАТ}} > K_{\Gamma 12}^{\text{н ЖАТ}}; \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^N \text{СЖЦ} \rightarrow \min; \quad (4)$$

Где  $N$  – совокупность всех систем СЦБ;

$i$  – отдельная система СЦБ;

$\lambda_{oi}^{\phi}$  – фактическое значение интенсивности опасных отказов систем СЦБ;

$\lambda_{oi}^{\text{н}}$  – нормированная величина интенсивности опасных отказов;

$n_{\text{нал}}^{\text{ЖАТ}}$  – значение наличной пропускной способности;

$n_{\text{потр}}^{\text{ЖАТ}}$  – значения потребной пропускной способности;

$K_{Г12}^{\Phi ЖАТ}$  – фактическое значение коэффициента готовности по отказам первой и второй категории;

$K_{Г12}^{Н ЖАТ}$  – нормативного значение коэффициента готовности по отказам первой и второй категории;

СЖЦ – стоимость жизненного цикла [13].

Технология организации ТО систем и устройств СЦБ должна быть разработана с применением методологии бенчмаркинга, методов оценки рисков по надежности и безопасности функционирования объектов СЦБ, статистических методов оценки остаточного и функционального ресурса систем СЦБ [8], методов оптимизации производственных процессов и минимизации непроизводительных потерь, моделирования указанных процессов с помощью метода функциональных сетей.

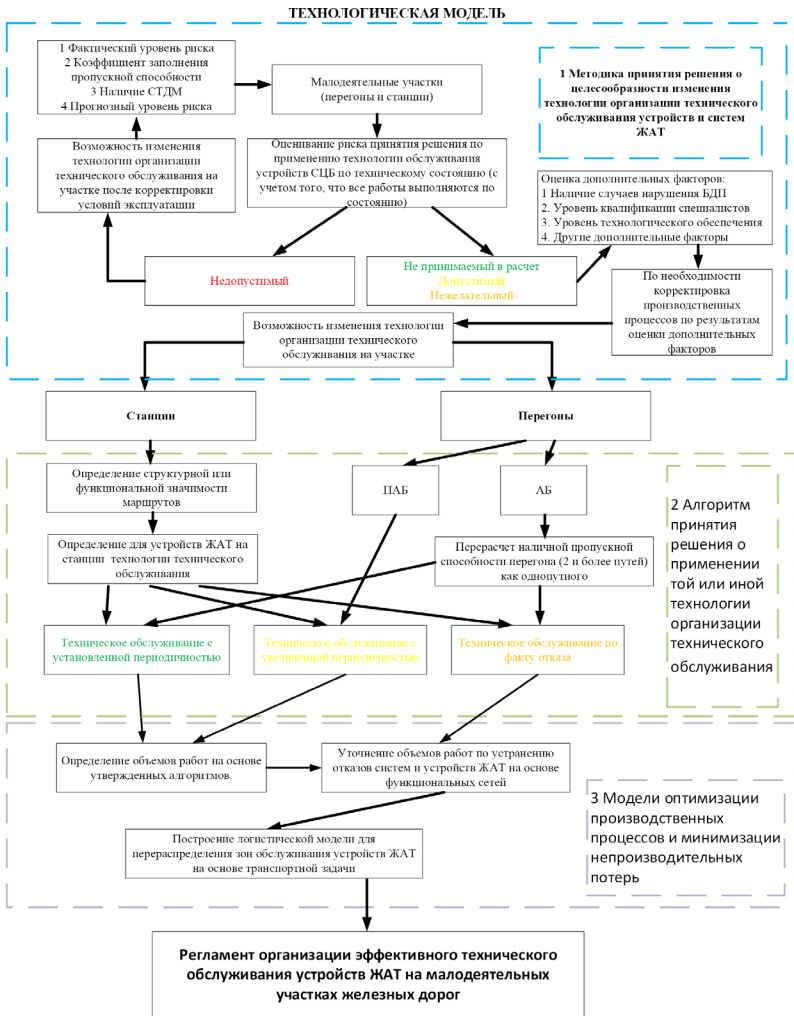
Схема реализации технологической модели организации эффективного технического обслуживания устройств СЦБ на малодетальных участках представлена на рисунке 1.

Разработка технологической модели для малодетальных участков позволит решить следующие задачи:

- обосновывать решения о целесообразности изменения технологии технического обслуживания устройств и систем СЦБ для конкретных объектов (станций и перегонов), так и отдельных участков железной дороги, с учетом класса и специализации;

- учитывать различные факторы, определяющие эффективность принятия решений по техническому обслуживанию устройств и систем СЦБ, в том числе, класс и специализацию железнодорожной линии, параметры движения поездов, фактическое и прогнозные значения остаточного и функционального ресурсов, различные условия эксплуатации системы, наличие финансовых и материальных ресурсов, климатические, географические и демографические условия, кадровое и материально-техническое обеспечения процесса технического обслуживания, а также другие значимые факторы;

- прогнозировать значение уровней безотказности и готовности систем СЦБ с учетом изменения технологии их технического обслуживания, расположенных на малодеятельных участках.



**Рис. 1.** Схематическая визуализация технологической модели организации эффективного технического обслуживания устройств СЦБ на малодеятельных участках

Основными технологическими процедурами (этапами) рассматриваемой модели являются:

- методика принятия решения о целесообразности изменения технологии организации технического обслуживания устройств и систем СЦБ;

- алгоритм принятия решения о применении той или иной технологии организации технического обслуживания систем и устройств СЦБ на малоделятельном участке железной дороги;

- модель оптимизации производственных процессов и минимизации непроизводительных потерь, реализованная на основе теории функциональных сетей.

- регламент организации эффективного технического обслуживания устройств СЦБ на малоделятельных участках железных дорог.

Таким образом, данная технологическая модель может быть использована для решения следующих задач:

- обоснования целесообразности изменения технологии организации технического обслуживания устройств СЦБ на участках железной дороги в зависимости от интенсивности движения поездов, класса и специализации железнодорожной линии, оценки эффективности таких изменений;

- оптимизации технологии организации технического обслуживания устройств СЦБ на малоделятельных участках железных дорог на основе результатов, полученных с применением технологии бенчмаркинга;

- разработки и корректировки распорядительной и нормативно-технической документации по хозяйству автоматики и телемеханики для дистанций инфраструктуры, обслуживающих малоделятельные участки железных дорог.

### *Список литературы*

1. Горелик А.В. Оценка функционального ресурса систем железнодорожной автоматики и телемеханики / А.В. Горелик, А.С. Весе-

- лова, И.А. Журавлев, П.А. Неваров, А.В. Орлов, П.В. Савченко, Н.А. Тарадин. МИИТ. М., 2015. 27 с.
2. ГОСТ 33893-2016 Системы железнодорожной автоматики и телемеханики на железнодорожных переездах. Требования безопасности и методы контроля. <https://docs.cntd.ru/document/1200144946>
  3. ГОСТ 33894-2016 Системы железнодорожной автоматики и телемеханики на железнодорожных станциях. Требования безопасности и методы контроля. <https://docs.cntd.ru/document/1200144931>
  4. ГОСТ 33895-2016 Системы железнодорожной автоматики и телемеханики на перегонах железнодорожных линий. Требования безопасности и методы контроля. <https://docs.cntd.ru/document/1200144932>
  5. ГОСТ 33896-2016 Системы диспетчерской централизации и диспетчерского контроля движения поездов. Требования безопасности и методы контроля. <https://docs.cntd.ru/document/1200144933>
  6. ГОСТ 34012-2016 Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики. Общие технические требования. <https://docs.cntd.ru/document/1200144934>
  7. Инструкция по техническому содержанию устройств инфраструктуры на малоинтенсивных линиях железных дорог. Утвержденной Распоряжением ОАО «РЖД» от 24.01.2019 № 110/р в редакции Распоряжения ОАО «РЖД» от 13.12.2023 № 3167/р. [https://meganorm.ru/mega\\_doc/norm/instrukciya/0/instruktsiya\\_po\\_tekhnicheskomu\\_soderzhaniyu\\_ustroystv.html](https://meganorm.ru/mega_doc/norm/instrukciya/0/instruktsiya_po_tekhnicheskomu_soderzhaniyu_ustroystv.html)
  8. Ключевые инициативы и целевые проекты эффективного развития хозяйства автоматики и телемеханики / П. С. Сиделев, А. В. Горелик, Н. А. Тарадин, А. Н. Малых // Автоматика, связь, информатика. 2023. № 7. С. 5-9.
  9. Методика классификации и специализации железнодорожных линий ОАО «РЖД» (утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 13.01.2020 г. N 28/р). <https://docs.cntd.ru/document/564286419>

10. Положение о системе ведения хозяйства автоматики и телемеханики (утверждено распоряжением ОАО «РЖД» от 17.02.2022 г. № 386/р). 24 с.
11. Регламент эксплуатации и обслуживания инфраструктуры на малоинтенсивных железнодорожных участках (утвержден распоряжением ОАО «РЖД» от 17.05.2017 г. N 944р). 24 с.
12. Сирина Н. Ф. Технологическая координация эксплуатационной работы малоделятельных железнодорожных линий / Н. Ф. Сирина, М. Е. Юшков // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2016. Т. 75, № 3. С. 147-153.
13. Стратегические цели и средства повышения эффективности производственного процесса технического обслуживания систем железнодорожной автоматики и телемеханики / А. В. Горелик, А. Н. Малых, Г. Г. Курашева, Т. С. Щедрина // Наука и техника транспорта. 2023. № 2. С. 10-15.
14. Gorelik A. V. Assessment of Operational Risks of Electric Interlocking Systems / A. V. Gorelik, V. Y. Gorelik, D. V. Shalyagin // Russian Electrical Engineering. 2018. Vol. 89, No. 9. P. 550-554. <https://doi.org/10.3103/S1068371218090055>
15. Planning Electric-Rolling-Stock Maintenance in Conditions of Limited Resources / V. G. Sidorenko, C. M. Aung, V. M. Alekseev [et al.] // Russian Electrical Engineering. 2017. Vol. 88, No. 12. P. 839-841. <https://doi.org/10.3103/S106837121712015X>
16. Shubinsky I. Application of artificial intelligence in Russia's railway network asset management / I. Shubinsky, A. Zamyshlyaev, A. Bochkov // Reliability: Theory & Applications. 2022. Vol. 17, No. S3(66). P. 42-48. <https://doi.org/10.24412/1932-2321-2022-366-42-48>
17. Shubinsky I. B. Standardization of the Facilities of Railway Transport and the Normalization of Dependability Indicators / I. B. Shubinsky, A. M. Zamyshlaev // International Series in Operations Research and Management Science. 2022. Vol. 322. P. 49-76. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-90029-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-90029-8_5)
18. System of adaptive management of railway transport infrastructure technical maintenance (URRAN project) / V. A. Gapanovich, I. B.



Shubinsky, E. N. Rozenberg, A. M. Zamyshlyayev // Reliability: Theory & Applications. 2015. Vol. 10, No. 2(37). P. 30-41.

### *References*

1. Gorelik A.V. Estimation of the functional resource of the railway automation and telemechanics systems / A.V. Gorelik, A.S. Veselova, I.A. Zhuravlev, P.A. Nevarov, A.V. Orlov, P.V. Savchenko, N.A. Taradin. MIIT. M., 2015, 27 p.
2. GOST 33893-2016 Railway automation and telemechanics systems at railway crossings. Safety requirements and methods of control. <https://docs.cntd.ru/document/1200144946>
3. GOST 33894-2016 Railway automation and telemechanics systems at railway stations. Safety requirements and control methods. <https://docs.cntd.ru/document/1200144931>
4. GOST 33895-2016 Railway automation and telemechanics systems at railroad line crossings. Safety requirements and methods of control. <https://docs.cntd.ru/document/1200144932>
5. GOST 33896-2016 Systems of dispatch centralization and dispatch control of train traffic. Safety requirements and methods of control. <https://docs.cntd.ru/document/1200144933>
6. GOST 34012-2016 Railway automation and telemechanics equipment. General technical requirements. <https://docs.cntd.ru/document/1200144934>
7. Instruction on the technical maintenance of infrastructure devices on low-intensity railroad lines. Approved by Russian Railways Order No. 110/r dated 24.01.2019 as amended by Russian Railways Order No. 3167/r dated 13.12.2023. [https://meganorm.ru/mega\\_doc/norm/instrukciya/0/instruktsiya\\_po\\_tekhnicheskomu\\_soderzhaniyu\\_us-troystv.html](https://meganorm.ru/mega_doc/norm/instrukciya/0/instruktsiya_po_tekhnicheskomu_soderzhaniyu_us-troystv.html)
8. Key initiatives and target projects for the effective development of automation and telemechanics / P. S. Sidelev, A. V. Gorelik, N. A. Taradin, A. N. Malykh. *Automation, Communications, Informatics*, 2023, no. 7, pp. 5-9.

9. Methodology of classification and specialization of railway lines of JSCo “Russian Railways” (approved by the order of JSCo “Russian Railways” dated 13.01.2020 N 28/r). <https://docs.cntd.ru/document/564286419>
10. Regulations on the system of maintenance of automation and telemechanics (approved by the order of JSCo “Russian Railways” dated 17.02.2022, No. 386/r). 24 p.
11. Regulations for the Operation and Maintenance of Infrastructure on Low-Intensity Railroad Sections (approved by the order of JSCo “Russian Railways” dated 17.05.2017, No. 944r). 24 p.
12. Sirina N. F. Technological coordination of operational work of low-intensity railway lines / N. F. Sirina, M. E. Yushkov. *Bulletin of the Research Institute of Railway Transport*, 2016, vol. 75, no. 3, pp. 147-153.
13. Strategic Goals and Means of Increasing the Efficiency of Production Process of Maintenance of Railway Automation and Telemechanics Systems / A. V. Gorelik, A. N. Malykh, G. G. Kurasheva, T. S. Schedrina. *Science and Technology of Transport*, 2023, no. 2, pp. 10-15.
14. Gorelik A. V. Assessment of Operational Risks of Electric Interlocking Systems / A. V. Gorelik, V. Y. Gorelik, D. V. Shalyagin. *Russian Electrical Engineering*, 2018, vol. 89, no. 9, pp. 550-554. <https://doi.org/10.3103/S1068371218090055>
15. Planning Electric-Rolling-Stock Maintenance in Conditions of Limited Resources / V. G. Shalyagin, G. Sidorenko, C. M. Aung, V. M. Alekseev [et al.]. *Russian Electrical Engineering*, 2017, vol. 88, no. 12, pp. 839-841. <https://doi.org/10.3103/S106837121712015X>
16. Shubinsky I. Application of artificial intelligence in Russia’s railway network asset management / I. Shubinsky, A. Zamyshlyaev, A. Bochkov. *Reliability: Theory & Applications*, 2022, vol. 17, no. S3(66), pp. 42-48. <https://doi.org/10.24412/1932-2321-2022-366-42-48>
17. Shubinsky I. B. Standardization of the Facilities of Railway Transport and the Normalization of Dependability Indicators / I. B. Shubinsky, A. M. Zamyshlaev. *International Series in Operations Research*

*and Management Science*, 2022, vol. 322, pp. 49-76. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-90029-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-90029-8_5)

18. System of adaptive management of railway transport infrastructure technical maintenance (URRAN project) / V. A. Gapanovich, I. B. Shubinsky, E. N. Rozenberg, A. M. Zamyshlyayev. *Reliability: Theory & Applications*, 2015, vol. 10, no. 2(37), pp. 30-41.

### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ**

**Горелик Александр Владимирович**, директор академии «Российская открытая академия транспорта», доктор технических наук  
*Российский университет транспорта*  
ул. Образцова, 9, стр. 9, г. Москва, 127055, Российская Федерация  
[agorelik@yandex.ru](mailto:agorelik@yandex.ru)

**Романов Николай Вячеславович**, старший преподаватель кафедры «Системы управления транспортной инфраструктуры»  
*Российский университет транспорта*  
ул. Образцова, 9, стр. 9, г. Москва, 127055, Российская Федерация  
[romanovkolja@yandex.ru](mailto:romanovkolja@yandex.ru)

**Щедрина Татьяна Сергеевна**, старший преподаватель кафедры «Электрификация и электроснабжение»  
*Российский университет транспорта*  
ул. Образцова, 9, стр. 9, г. Москва, 127055, Российская Федерация  
[shchedrina\\_ts@mail.ru](mailto:shchedrina_ts@mail.ru)

### **DATA ABOUT THE AUTHORS**

**Aleksandr V. Gorelik**, Director of the Academy “Russian Open Academy of Transport”, Doctor of Technical Sciences

*Russian University of Transport (MIIT)*  
*9 building 9, Obrazcova Str. Moscow, 127055, Russian Federation*  
*agorelik@yandex.ru*  
*SPIN-code: 9543-4715*  
*Scopus Author ID: 57200751967*

**Nikolaj V. Romanov**, Senior Lecturer of the Department «Transport Infrastructure Management Systems»  
*Russian University of Transport (MIIT)*  
*9 building 9, Obrazcova Str. Moscow, 127055, Russian Federation*  
*romanovkolja@yandex.ru*  
*SPIN-code: 1431-6584*

**Tat'jana S. Shhedrina**, Senior Lecturer of the Department «Electrification and Power Supply»  
*Russian University of Transport (MIIT)*  
*9 building 9, Obrazcova Str. Moscow, 127055, Russian Federation*  
*shhedrina\_ts@mail.ru*  
*SPIN-code: 1012-6413*

Поступила 20.10.2024  
После рецензирования 20.11.2024  
Принята 28.11.2024

Received 20.10.2024  
Revised 20.11.2024  
Accepted 28.11.2024