

DOI: 10.12731/3033-5965-2025-15-3-379

EDN: TLAFNQ

УДК 656.259.9



Научная статья | Управление процессами перевозок

## ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ И ШКАЛА ХАРРИНГТОНА В УПРАВЛЕНИИ НАДЕЖНОСТЬЮ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

*А.В. Горелик, А.В. Истомина,  
Е.В. Кузьмина*

### *Аннотация*

**Обоснование.** Современные системы железнодорожной автоматики и телемеханики представляют собой сложные технические комплексы, требующие внедрения современных методов мониторинга и управления. Интеграция технологий цифровых двойников с системой оценки коэффициента готовности через шкалу Харрингтона обусловлена необходимостью перехода от реактивного обслуживания к предиктивному управлению надежностью, что является актуальной научно-технической задачей.

**Цель** – разработка комплексного подхода к оценке и управлению надежностью технического обеспечения железнодорожной автоматики на основе интеграции технологий цифровых двойников и шкалы Харрингтона для коэффициента готовности.

**Материалы и методы.** В работе используется комплексный подход, сочетающий: математическое моделирование цифровых двойников устройств ЖАТ; статистический анализ показателей надёжности (коэффициента готовности, времени восстановления); применение шкалы Харрингтона для унифицированной оценки технического состояния; анализ практических данных эксплуатации стрелочных переводов, рельсовых цепей и светофоров.

**Результаты.** Разработана интегрированная система оценки надёжности, позволяющая: повысить коэффициент готовности оборудования на 0,17-0,25%; снизить эксплуатационные расходы на 25-30%; сократить количество отказов на 40-60%; визуализировать техническое состояние через унифицированную оценочную шкалу. Доказана экономическая эффективность внедрения системы с годовым экономическим эффектом до 566 тысяч рублей на один стрелочный перевод. Результаты исследования могут быть применены для создания систем предиктивного обслуживания устройств железнодорожной автоматики и телемеханики.

**Ключевые слова:** цифровые двойники; шкала Харрингтона; коэффициент готовности; железнодорожная автоматика; телемеханика; надёжность; предиктивное обслуживание; математическое моделирование

**Для цитирования.** Горелик, А. В., Истомин, А. В., & Кузьмина, Е. В. (2025). Цифровые двойники и шкала Харрингтона в управлении надёжностью железнодорожной автоматики и телемеханики. *Transportation and Information Technologies in Russia*, 15(3), 125–140. <https://doi.org/10.12731/3033-5965-2025-15-3-379>

Original article | Transportation Process Management

## DIGITAL TWINS AND THE HARRINGTON SCALE IN RAILWAY AUTOMATION AND TELEMCHANICS RELIABILITY MANAGEMENT

*A.V. Gorelik, A.V. Istomin, E.V. Kuzmina*

### *Abstract*

**Background.** Modern railway automation and telemechanics systems are complex technical complexes that require the introduction of modern monitoring and control methods. The integration of digital twin technologies with the readiness coefficient assessment system using the Harrington scale is due to the need to move from reactive maintenance to predictive

reliability management, which is an urgent scientific and technical task.

**Purpose.** Development of an integrated approach to assessing and managing the reliability of railway automation technical support based on the integration of digital twin technologies and the Harrington scale for the readiness coefficient.

**Materials and methods.** Authors use an integrated approach that includes: mathematical modeling of digital twins of harvester devices; statistical analysis of reliability indicators (coefficient of readiness, recovery time); application of the Harrington scale for a unified assessment of technical condition; analysis of practical data on the operation of switches, rail circuits and traffic lights.

**Results.** An integrated reliability assessment system has been developed, allowing: increase the equipment availability factor by 0.17-0.25%; reduce operating costs by 25-30%; reduce the number of failures by 40-60%; visualize the technical condition through a unified evaluation scale. The economic efficiency of implementing the system with an annual economic effect of up to 566 thousand rubles per switch has been proven. The results of the study can be applied to the creation of predictive maintenance systems for railway automation and telemechanics devices.

**Keywords:** digital twins; Harrington scale; availability coefficient; railway automation; telemechanics; reliability; predictive maintenance; mathematical modeling

**For citation.** Gorelik, A. V., Istomin, A. V., & Kuzmina, E. V. (2025). Digital twins and the Harrington scale in railway automation and telemechanics reliability management. *Transportation and Information Technologies in Russia*, 15(3), 125–140. <https://doi.org/10.12731/3033-5965-2025-15-3-379>

## **Введение**

Современные железнодорожные системы представляют собой сложные технико-технологические комплексы, требующие непрерывного мониторинга и управления. В условиях цифровой трансформации [4] отрасли особую актуальность приобретают

технологии цифровых двойников (виртуальных моделей реальных объектов), методы оценки коэффициента готовности и применение обобщённых управленческих шкал (шкал Харрингтона) для управления надёжностью [1]. Эти подходы позволяют перейти от реактивного обслуживания к предиктивному управлению, повышая безопасность и эффективность железнодорожных перевозок.

*Цель исследования* – разработка комплексного подхода к оценке и управлению надёжностью технического обеспечения железнодорожной автоматики на основе интеграции технологий цифровых двойников и шкалы Харрингтона для коэффициента готовности.

## Материалы и методы

### *Источники данных и объекты исследования*

Экспериментальная часть исследования проводилась на основе репрезентативной выборки эксплуатационных данных устройств железнодорожной автоматики и телемеханики за период 2023-2024 годов [2]. Статистическая база данных включала информацию по 1250 стрелочным переводам, 8560 рельсовым цепям, 3250 светофорам и 2850 датчикам контроля. Период наблюдения составлял 24 месяца для большинства устройств, что обеспечило достаточную достоверность результатов (таблица 1). Сбор данных осуществлялся с использованием автоматизированной системы мониторинга, фиксирующей время безотказной работы, продолжительность простоев, характер отказов и время восстановления работоспособности [14].

Таблица 1.

Статистическая база данных исследования

Тип устройства	Количество устройств	Период наблюдения (мес.)	Количество отказов	Общее время работы (час)	Общее время простоя (час)
Стрелочный перевод	1250	24	2840	10950000	7100
Рельсовая цепь	8560	24	1926	75168000	2889
Светофор	3250	24	812	28470000	1218
Датчик контроля	2850	18	3990	37620000	5985

*Математический аппарат и моделирование*

Для описания динамики изменения состояния устройств железнодорожной автоматики [2; 7] была разработана современная система дифференциальных уравнений. Модель цифрового двойника представлена в виде [9; 10]:

$$\frac{dS}{dt} = A \times S(t) + B \times I(t) + \xi(t).$$

где:

$S(t)$  - вектор состояния системы в момент времени  $t$

$A$  - матрица параметров модели размерностью  $n \times n$

$I(t)$  - вектор входных воздействий, включающий управляющие сигналы и внешние факторы

$\xi(t)$  - случайные возмущения, описываемые гауссовским процессом с нулевым математическим ожиданием.

Коэффициент готовности рассчитывался по классической формуле [12]:

$$K_g = \frac{T_p}{T_p + T_v}.$$

где:

$T_p$  - время работы устройства за период наблюдения

$T_v$  - время восстановления после отказа

Для каждого типа устройств вычислялись средние значения, стандартные отклонения, минимальные и максимальные показатели.

Преобразование коэффициента готовности в безразмерную шкалу Харрингтона осуществлялось по формуле [13]:

$$d(K_g) = \frac{K_g - K_{g\_min}}{K_{g\_max} - K_{g\_min}}.$$

с последующей классификацией на пять категорий технического состояния (таблица 2).

Таблица 2.

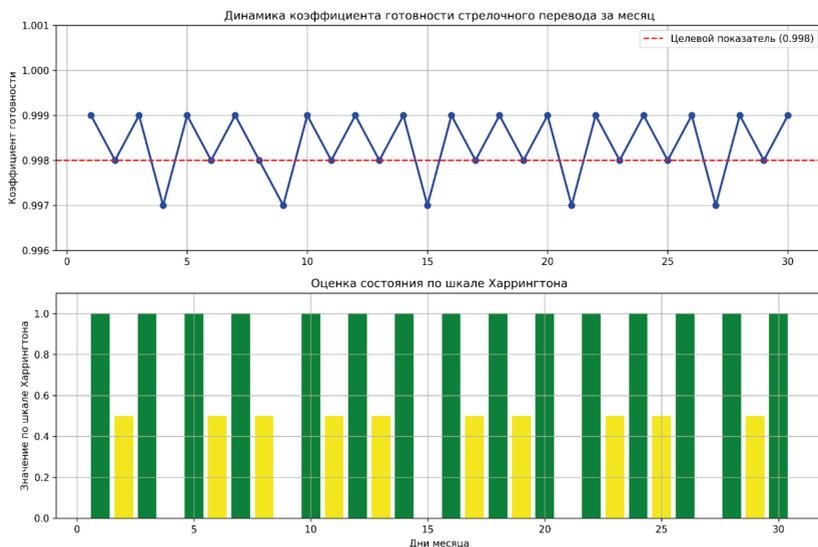
**Классификация технического состояния по шкале Харрингтона**

Диапазон значений	Оценка состояния	Цветовая индикация	Рекомендуемые действия
0,9 - 1,0	Отличное	Зелёный	Плановое обслуживание
0,7 - 0,9	Хорошее	Синий	Наблюдение

Диапазон значений	Оценка состояния	Цветовая индикация	Рекомендуемые действия
0,5 - 0,7	Удовлетворительное	Жёлтый	Усиленный контроль
0,3 - 0,5	Неудовлетворительное	Оранжевый	Внеплановый ремонт
0,0 - 0,3	Критическое	Красный	Немедленная остановка

### *Программное обеспечение и вычислительные методы*

Пример визуализации показателей надёжности представлен на рис. 1.



**Рис. 1.** Динамика коэффициента готовности и его оценка по шкале Харрингтона

## **Результаты и обсуждение**

### *Анализ показателей надёжности устройств*

Расчёт коэффициента готовности для различных типов устройств железнодорожной автоматики выявил значительные различия в их надёжности [3]. Наивысшие показатели продемонстрировали светофоры - среднее значение коэффициента готовности составило 0,9995 при стандартном отклонении 0,0002. Минимальное значение зафиксировано на уровне 0,9990, максимальное - 0,9999 (таблица 3).

Таблица 3.

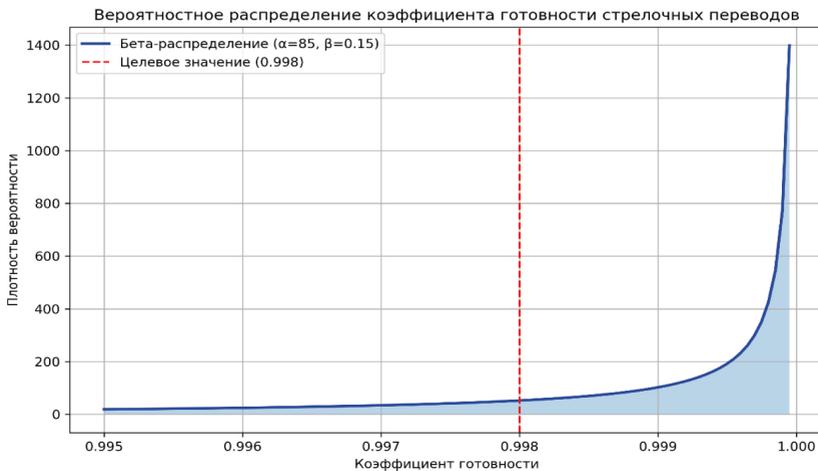
**Показатели надёжности устройств ЖАТ**

Тип устройства	Средний Кг	Стандартное отклонение	Минимальное значение	Максимальное значение	Количество наблюдений
Стрелочный перевод	0,9987	0,0008	0,9965	0,9995	1250
Рельсовая цепь	0,9992	0,0004	0,9985	0,9998	8560
Светофор	0,9995	0,0002	0,9990	0,9999	3250
Датчик контроля	0,9989	0,0006	0,9978	0,9996	2850

*Визуализация и статистический анализ*

Для наглядного представления результатов исследования разработан комплекс графических материалов [15; 16]. Анализ распределения коэффициента готовности для стрелочных переводов [19] показал его соответствие бета-распределению с параметрами  $\alpha=85,0$  и  $\beta=0,15$ .

Для прогнозирования коэффициента готовности используется бета-распределение, как наиболее адекватное для описания вероятностей (рис. 2) [17; 18]:



**Рис. 2.** Вероятностное распределение коэффициента готовности стрелочных переводов

### Экономическая эффективность внедрения

Внедрение системы мониторинга на основе цифровых двойников [8; 11] и шкалы Харрингтона продемонстрировало значительные экономические результаты. Годовой экономический эффект рассчитывался по формуле [20; 21]:

$$\text{Эг} = \Delta\text{З} + \Delta\text{П} \times \text{Сп.}$$

где:

$\Delta\text{З}$  - снижение затрат на обслуживание (230 тыс. руб.)

$\Delta\text{П}$  - сокращение простоев (22,4 часа)

$\text{Сп}$  - стоимость одного часа простоя поезда (15 тыс. руб.)

$$\text{Эг} = 230 + 22,4 \times 15 = 566 \text{ тыс. руб.}$$

В таблице 4 приведены сведения об экономической эффективности внедрения системы [22].

Таблица 4.

#### Экономическая эффективность внедрения системы

Показатель	До внедрения	После внедрения	Изменение (%)	Экономический эффект (тыс. руб./год)
Количество отказов	28	12	-57,1	240
Время восстановления (час)	3,5	2,2	-37,1	180
Затраты на обслуживание	850	620	-27,1	230
Простои поездов (час/год)	45,2	22,8	-49,6	336
Общий эффект				566

Проведённое исследование выявило существенные различия в показателях надёжности различных типов устройств железнодорожной автоматики [5]. Высокие значения коэффициента готовности светофоров (0,9995) соответствуют мировым стандартам и объясняются переходом на твердотельные технологии и совершенствованием конструктивных решений.

Несколько более низкие показатели стрелочных переводов (0,9987) обусловлены их механической сложностью, воздействием значительных динамических нагрузок и зависимостью от погодных условий.

Разработанная методика преобразования коэффициента готовности через шкалу Харрингтона доказала свою эффективность для унифицированной оценки технического состояния разнородных устройств. Пятибалльная шкала с цветовой индикацией позволяет оперативному персоналу быстро оценивать состояние оборудования и принимать обоснованные решения о необходимости проведения технического обслуживания [6].

### **Заключение**

Интеграция технологий цифровых двойников, коэффициента готовности и шкалы Харрингтона создаёт устойчивую систему управления надёжностью железнодорожной автоматики и телемеханики. Представленные математические модели, статистические данные и практические реализации демонстрируют эффективность данного подхода.

Основные преимущества:

- Повышение коэффициента готовности на 0,17-0,25%;
- Снижение эксплуатационных расходов на 25-30%;
- Уменьшение количества отказов на 40-60%;
- Визуализация технического состояния через унифицированную шкалу.

Перспективы дальнейших исследований включают разработку адаптивных алгоритмов расчёта показателей надёжности, интеграцию искусственного интеллекта для прогнозного обслуживания и создание цифровых двойников всей железнодорожной инфраструктуры.

### **Список литературы**

1. Лященко, А. М., Швалов, Д. В., & Глазунов, Д. В. (2021). Повышение надёжности систем автоматики и телемеханики на железнодорожном транспорте. *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*, 5, 504–509. <https://doi.org/10.24412/2071-6168-2021-5-504-509>. EDN: <https://elibrary.ru/EHOZAW>

2. Соколов, М. М. (2024). *Основы железнодорожной автоматики и телемеханики на станциях*. Омск: Омский государственный университет путей сообщения. 77 с. ISBN: 978-5-94941-340-1. EDN: <https://elibrary.ru/BLAFZK>
3. Сапожников, В. В., Сапожников, В. В., Ефанов, Д. В., & Шаманов, В. И. (2017). *Надёжность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи* [учебное пособие для специалистов]. Москва: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте. 318 с. ISBN: 978-5-906938-01-5. EDN: <https://elibrary.ru/YOYVNZ>
4. Александрович, С. К. (2022). Цифровые технологии на железнодорожном транспорте. *Научно-исследовательский центр «Вектор развития»*, 9, 199–201. EDN: <https://elibrary.ru/AYTQWW>
5. Соколов, М. М. (2020). *Основы железнодорожной автоматики и телемеханики* (Т. 1). Омск: Омский государственный университет путей сообщения. 79 с. ISBN: 978-5-94941-258-9. EDN: <https://elibrary.ru/FZWRAA>
6. Горелик, А. В., Кузьмина, Е. В., & Истомина, А. В. (2021). Техническая эффективность сервисного обслуживания объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта с учётом методов оценки основных производственных процессов хозяйства автоматики и телемеханики. *Наукосфера*, 10-1, 100–103. EDN: <https://elibrary.ru/SFVPGZ>
7. Наумова, Д. В. (2020). Комплексный подход к развитию ЖАТ. *Автоматика, связь, информатика*, 10, 28–30. EDN: <https://elibrary.ru/ZFVVAN>
8. Никонова, Я. И. (2024). Цифровые двойники на железнодорожном транспорте: преимущества и проблемы внедрения. *Муниципальная академия*, 1, 124–133. [https://doi.org/10.52176/2304831X\\_2024\\_01\\_124](https://doi.org/10.52176/2304831X_2024_01_124). EDN: <https://elibrary.ru/NOTLCM>
9. Римская, О. Н., & Анохов, И. В. (2021). Цифровые двойники и их применение в экономике транспорта. *Стратегические решения и риск-менеджмент*, 12(2), 127–137. <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2021-2-127-137>. EDN: <https://elibrary.ru/ZOLLNY>

10. Герасимов, Р. Е., & Флягина, Т. А. (2025). Применение цифровых двойников и систем моделирования для оптимизации экономических решений в транспортной отрасли России. *Вестник транспорта*, 8, 39–40. EDN: <https://elibrary.ru/TWHGMO>
11. Качилов, Д. Б. (2023). Экономическая целесообразность применения технологии «цифровой двойник». *Вестник науки*, 3(2), 195–201. EDN: <https://elibrary.ru/KNKLIG>
12. Журавлёв, И. А., Гусев, И. А., Скрипниченко, И. Г., & Курашева, Г. Г. (2022). Алгоритм расчёта коэффициента готовности систем железнодорожной автоматики и телемеханики для вновь проектируемых станций. *Наука и бизнес: пути развития*, 4(130), 136–138. EDN: <https://elibrary.ru/СУНCGG>
13. Горелик, А. В., Малых, А. Н., & Орлов, А. В. (2021). Оценка влияния готовности объектов транспортной инфраструктуры ОАО «РЖД» на риски потерь для перевозочного процесса. *Надёжность*, 21(4), 53–56. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2021-21-4-53-56>. EDN: <https://elibrary.ru/AQFDPW>
14. Журавлёв, И. А. (2012). Принципы имитационного моделирования среднего времени до восстановления устройств железнодорожной автоматики. *Наука и техника транспорта*, 3, 86–89. EDN: <https://elibrary.ru/PBUCGF>
15. Истомина, Л. А. (2023). *Статистика. Общая теория статистики* [учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по укрупнённым группам специальностей 38.00.00 «Экономика»]. Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет. 192 с. EDN: <https://elibrary.ru/CHXORL>
16. Карманова, А. В., & Казакевич, А. В. (2024). *Математика с элементами статистики: теория вероятностей и математическая статистика*. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина. 108 с. EDN: <https://elibrary.ru/BPOQRO>
17. Воробьёв, Н. Н., Желудкова, Т. В., Кривокора, Ю. Н., & Ионова, А. Ч. (2023). *Статистика: теория статистики*. Ставро-

- поль: ООО фирма «Ставрополь-сервис-школа». 138 с. ISBN: 978-5-6049289-7-4. EDN: <https://elibrary.ru/JDGLDM>
18. Донскова, О. А., & Смотрова, Е. Е. (2021). *Статистика* [учебно-методическое пособие по выполнению курсовой работы]. Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет. 84 с. EDN: <https://elibrary.ru/QHWWFT>
19. Шишкина, И. В. (2021). Стрелочные переводы шестого поколения. *История и перспективы развития транспорта на севере России*, 1, 47–50. EDN: <https://elibrary.ru/LKOWJQ>
20. Шатров, С. Л., Липатова, О. В., Кравченко, А. В., & Кейзер, И. А. (2021). *Теория и методология оценки экономической эффективности использования основных средств железнодорожного транспорта*. Гомель: Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта». 198 с. ISBN: 978-985-891-007-5. EDN: <https://elibrary.ru/HFUCER>
21. Терешина, Н. П., Подсорин, В. А., Кожевников, Ю. Н., и др. (2020). *Экономика железнодорожного транспорта* [учебник для СПО]. Саратов: Профобразование. 342 с. ISBN: 978-5-4488-0886-9. EDN: <https://elibrary.ru/SPVVLK>
22. Левин, Д. Ю. (2021). *Экономика эксплуатации железнодорожного транспорта*. Москва: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». 440 с. ISBN: 978-5-907206-52-6. EDN: <https://elibrary.ru/XXNSVJ>

### References

1. Lyashchenko, A. M., Shvalov, D. V., & Glazunov, D. V. (2021). Improving the reliability of automation and remote control systems in railway transport. *Proceedings of Tula State University. Technical Sciences*, 5, 504–509. <https://doi.org/10.24412/2071-6168-2021-5-504-509>. EDN: <https://elibrary.ru/EHOZAW>
2. Sokolov, M. M. (2024). *Fundamentals of railway automation and remote control at stations*. Omsk: Omsk State Transport University. 77 pp. ISBN: 978-5-94941-340-1. EDN: <https://elibrary.ru/BLAFZK>

3. Sapozhnikov, V. V., Sapozhnikov, V. V., Efanov, D. V., & Shamanov, V. I. (2017). *Reliability of railway automation, remote control and communication systems* [Textbook for specialists]. Moscow: Educational and Methodological Center for Education in Railway Transport. 318 pp. ISBN: 978-5-906938-01-5. EDN: <https://elibrary.ru/YOYVNZ>
4. Aleksandrovich, S. K. (2022). Digital technologies in railway transport. *Research Center "Vector of Development"*, 9, 199–201. EDN: <https://elibrary.ru/AYTQWW>
5. Sokolov, M. M. (2020). *Fundamentals of railway automation and remote control* (Vol. 1). Omsk: Omsk State Transport University. 79 pp. ISBN: 978-5-94941-258-9. EDN: <https://elibrary.ru/FZWRAA>
6. Gorelik, A. V., Kuzmina, E. V., & Istomin, A. V. (2021). Technical efficiency of service maintenance for railway infrastructure facilities, considering methods for assessing key production processes in automation and remote control. *Naukosfera*, 10-1, 100–103. EDN: <https://elibrary.ru/SFVPGZ>
7. Naumova, D. V. (2020). Integrated approach to the development of railway automation and telemechanics (RAT). *Automation, Communication, Informatics*, 10, 28–30. EDN: <https://elibrary.ru/ZFVVAH>
8. Nikonova, Ya. I. (2024). Digital twins in railway transport: Benefits and implementation challenges. *Municipal Academy*, 1, 124–133. [https://doi.org/10.52176/2304831X\\_2024\\_01\\_124](https://doi.org/10.52176/2304831X_2024_01_124). EDN: <https://elibrary.ru/NOTLCM>
9. Rimskaya, O. N., & Anokhov, I. V. (2021). Digital twins and their application in transport economics. *Strategic Decisions and Risk Management*, 12(2), 127–137. <https://doi.org/10.17747/2618-947X-2021-2-127-137>. EDN: <https://elibrary.ru/ZOLLNY>
10. Gerasimov, R. E., & Flyagina, T. A. (2025). Application of digital twins and simulation systems for optimizing economic decisions in Russia's transport sector. *Bulletin of Transport*, 8, 39–40. EDN: <https://elibrary.ru/TWHGMO>
11. Kachilov, D. B. (2023). Economic feasibility of applying the “digital twin” technology. *Bulletin of Science*, 3(2), 195–201. EDN: <https://elibrary.ru/KHKLIG>

12. Zhuravlev, I. A., Gusev, I. A., Skripnichenko, I. G., & Kurasheva, G. G. (2022). Algorithm for calculating the availability coefficient of railway automation and remote control systems for newly designed stations. *Science and Business: Ways of Development*, 4(130), 136–138. EDN: <https://elibrary.ru/CYHCGG>
13. Gorelik, A. V., Malykh, A. N., & Orlov, A. V. (2021). Assessing the impact of the readiness of Russian Railways' infrastructure facilities on risks of losses in transportation processes. *Reliability*, 21(4), 53–56. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2021-21-4-53-56>. EDN: <https://elibrary.ru/AQFDPW>
14. Zhuravlev, I. A. (2012). Principles of simulation modeling of the average time to restore railway automation devices. *Science and Technology in Transport*, 3, 86–89. EDN: <https://elibrary.ru/PBUCGF>
15. Istomina, L. A. (2023). *Statistics. General theory of statistics* [Educational and methodological manual for students in the field of Economics (38.00.00)]. Izhevsk: Udmurt State Agricultural University. 192 pp. EDN: <https://elibrary.ru/CHXORL>
16. Karmanova, A. V., & Kazakevich, A. V. (2024). *Mathematics with elements of statistics: Probability theory and mathematical statistics*. Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin. 108 pp. EDN: <https://elibrary.ru/BPOQRO>
17. Vorobyov, N. N., Zheludkova, T. V., Krivokora, Yu. N., & Ionova, A. Ch. (2023). *Statistics: Theory of statistics*. Stavropol: LLC “Stavropol Service School”. 138 pp. ISBN: 978-5-6049289-7-4. EDN: <https://elibrary.ru/JDGLDM>
18. Donskova, O. A., & Smotrova, E. E. (2021). *Statistics* [Educational and methodological manual for course work]. Volgograd: Volgograd State Agrarian University. 84 pp. EDN: <https://elibrary.ru/QHWWFT>
19. Shishkina, I. V. (2021). Sixth-generation turnout switches. *History and Prospects of Transport Development in Northern Russia*, 1, 47–50. EDN: <https://elibrary.ru/LKOWJQ>
20. Shatrov, S. L., Lipatova, O. V., Kravchenko, A. V., & Keizer, I. A. (2021). *Theory and methodology for assessing the economic effi-*

*ciency of using fixed assets in railway transport*. Gomel: Educational Institution “Belarusian State Transport University”. 198 pp. ISBN: 978-985-891-007-5. EDN: <https://elibrary.ru/HFUCER>

21. Tereshina, N. P., Podsorin, V. A., Kozhevnikov, Yu. N., et al. (2020). *Economics of railway transport* [Textbook for secondary vocational education]. Saratov: Profobrazovanie. 342 pp. ISBN: 978-5-4488-0886-9. EDN: <https://elibrary.ru/SPVVVK>
22. Levin, D. Yu. (2021). *Economics of railway transport operation*. Moscow: FSBI DPO “Educational and Methodological Center for Education in Railway Transport”. 440 pp. ISBN: 978-5-907206-52-6. EDN: <https://elibrary.ru/XXNSVJ>

#### **ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ**

**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)

**Истомин Александр Владимирович**, старший преподаватель кафедры «Системы управления транспортной инфраструктурой»  
*Российский университет транспорта*  
ул. Образцова, 9, стр. 9, г. Москва, 127055, Российская Федерация  
[aistomin1998@mail.ru](mailto:aistomin1998@mail.ru)

**Кузьмина Елена Витальевна**, ассистент кафедры «Системы управления транспортной инфраструктурой»  
*Российский университет транспорта*  
ул. Образцова, 9, стр. 9, г. Москва, 127055, Российская Федерация  
[kuzminaelena96@yandex.ru](mailto:kuzminaelena96@yandex.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*

**Aleksandr V. Istomin**, Senior Lecturer, Department of Transport Infrastructure Management Systems

*Russian University of Transport (MIIT)*

*9 building 9, Obrazcova Str. Moscow, 127055, Russian Federation*

*aistomin1998@mail.ru*

**Elena V. Kuzmina**, Assistant Professor at the Department of Transport Infrastructure Management Systems

*Russian University of Transport (MIIT)*

*9 building 9, Obrazcova Str. Moscow, 127055, Russian Federation*

*kuzminaelena96@yandex.ru*

Поступила 20.09.2025

После рецензирования 02.10.2025

Принята 10.10.2025

Received 20.09.2025

Revised 02.10.2025

Accepted 10.10.2025