

Управление процессами перевозок / Transportation Process Management

Научная статья

Original article

DOI: [10.12731/3033-5965-2026-16-1-413](https://doi.org/10.12731/3033-5965-2026-16-1-413)

EDN: [DSIJNQ](https://www.edn.ru/DSIJNQ)

УДК 656.2



Автоматизация операций с тормозными башмаками для улучшения качества работы станции

Е.К. Иванов, Г.И. Никифорова

*Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I, Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Аннотация

Обоснование. Обосновывается необходимость совершенствования работы станций для повышения эффективности доставки грузов с использованием железнодорожного транспорта. Исследуются возможные способы улучшения существующих стеллажей, предназначенных для хранения тормозных башмаков в пределах железнодорожной станции, используемых для закрепления железнодорожного подвижного состава на путях станции. В статье анализируется система учета и хранения тормозных башмаков. Текущие условия позволяют говорить о необходимости поиска эффективных решений в существующей технологии хранения тормозных башмаков, имеющей ряд недостатков. Анализируются безопасность движения поездов и маневровая работа. Описаны основные операции, выполняемые при работе со стеллажами и тормозными башмаками. Подробно описана предлагаемая технология модернизации стеллажей, которая позволит обеспечить контроль правильности закрепления железнодорожного подвижного состава на путях железнодорожной станции, снизить число случаев несанкционированного ухода подвижного состава, движения состава «на башмаках» и последующего схода, а также случаев хищения тормозных башмаков.

Цель. Автоматизация операций с тормозными башмаками для улучшения качества работы станции.

Методология. В работе проведен анализ технологических операций с тормозными башмаками, разработана автоматизированная конструкция стеллажа, проведен SWOT-анализ проекта.

Результаты. Разработана модернизированная конструкция стеллажа для хранения тормозных башмаков, оснащенная RFID-считывателем, электромагнитным замком и концевыми датчиками, показывающими наличие или отсутствие башмака в стеллаже. Предложена система удаленного мониторинга, позволяющая контролировать состояние башмаков в режиме реального времени.

Область применения результатов. Поездная и маневровая работа железнодорожных станций.

Ключевые слова: стеллаж; тормозные башмаки; подвижной состав; железнодорожная станция; безопасность; несанкционированный уход; хищение

Для цитирования. Иванов, Е. К., & Никифорова Г. И. (2026). Автоматизация операций с тормозными башмаками для улучшения качества работы станции. *Transportation and Information Technologies in Russia / Транспорт и информационные технологии*, 16(1), 50–63. <https://doi.org/10.12731/3033-5965-2026-16-1-413>

Automation of operations with brake shoes to improve the quality of station work

E.K. Ivanov, G.Is. Nikiforova

*Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University,
St. Petersburg, Russian Federation*

Abstract

Background. The article substantiates the need to improve the operation of railway stations in order to increase the efficiency of cargo delivery using rail transport. It explores possible ways to improve the existing racks used to store brake shoes within the railway station, which used to secure railway rolling stock on the station's tracks. The article analyzes the system of accounting and storage of brake shoes. The current conditions highlight the need to find effective solutions for the existing technology of storing brake shoes, which has several drawbacks. The article analyzes the safety of train traffic and shunting operations. It describes the main operations performed when working with racks and brake shoes. The article also provides a detailed description of the proposed technology for upgrading racks, which will help ensure that railway rolling stock is properly secured on the railway station tracks, reduce the number of unauthorized departures of rolling stock, "brake-on" movements, and subsequent derailments, as well as the theft of brake shoes.

Purpose. Automation of operations with brake shoes to improve the quality of the station's work.

Methodology. The paper analyzes technological operations with brake shoes, develops an automated rack design, and conducts a SWOT analysis of the project.

Results. An upgraded rack design for storing brake shoes has been developed, equipped with an RFID reader, an electromagnetic lock, and end sensors that indicate the presence or absence of a shoe in the rack. A remote monitoring system has been proposed, allowing for real-time monitoring of the shoe's condition.

Practical implications. Train and maneuvering operations at railway stations.

Keywords: rack; brake shoes; rolling stock; railway station; safety; unauthorized leaving; theft

For citation. Ivanov, E. K., & Nikiforova, G. Is. (2026). Automation of operations with brake shoes to improve the quality of station work. *Transportation and Information Technologies in Russia*, 16(1), 50–63. <https://doi.org/10.12731/3033-5965-2026-16-1-413>

В современных условиях на железнодорожном транспорте особое внимание уделяется повышению безопасности и эффективности эксплуатации подвижного состава, что положительно отражается на логистических цепях доставки с использованием железнодорожного сообщения [1]. Стоит отметить, что возрастающее значение имеет и качество работы железнодорожного транспорта, который должен быть конкурентоспособным на рынке транспортных услуг не только для внутреннего потребителя, но и на международном уровне [2; 3]. Скорость и качество выполнения технологических операций с поездами и вагонами остается основой безопасной и эффективной работы железнодорожной станции [4]. Одним из ключевых элементов обеспечения безопасности являются тормозные башмаки, используемые для закрепления подвижного состава на путях. Существующие методы хранения и контроля наличия тормозных башмаков в стеллажах не позволяют обеспечить достаточный уровень контроля, что создает угрозу безопасности движения на железнодорожном транспорте. В научной литературе рассматриваются различные подходы к организации хранения и учета тормозных башмаков, включая механические и электронные системы контроля [5-7]. Тем не менее, большинство существующих решений не предусматривает комплексного подхода, включающего автоматизированное управ-

ление доступом и мониторинг наличия башмаков в стеллажах в реальном времени [9]. Практическая значимость данной работы заключается в разработке и внедрении усовершенствованной системы хранения тормозных башмаков, основанной на использовании RFID-меток, электромагнитных замков и концевых датчиков [5; 6]. Предлагаемые решения по модернизации стеллажей, предназначенных для хранения тормозных башмаков, позволит повысить уровень безопасности, минимизировать финансовые потери, улучшить и значительно упростить учёт тормозных башмаков. В качестве нового подхода предлагается интеграция системы контроля доступа (СКУДОПП) с датчиками, определяющими наличие или отсутствие башмаков в стеллажах и передачей данных на автоматизированное рабочее место дежурного по железнодорожной станции в уже существующую программу «автоматизированная система управления станцией нового поколения» (АСУ СТ НП). Это позволит в режиме реального времени отслеживать количество башмаков, находящихся в стеллажах, контролировать доступ сотрудников и обеспечивать автоматизированную отчетность.

Цель исследования – разработка и внедрение автоматизированной системы хранения тормозных башмаков, снижение числа случаев несанкционированного ухода подвижного состава путём обеспечения контроля правильности закрепления подвижного состава, а также упрощение учёта тормозных башмаков. Методы исследования включают анализ существующих решений, проектирование аппаратно-программного комплекса, проведение экспериментальных испытаний и анализ эффективности предложенной системы.

Разработка системы автоматизированного контроля тормозных башмаков базируется на нескольких фундаментальных принципах, лежащих в основе современных методов учета, идентификации и управления техническими средствами железнодорожного транспорта. Современные системы учета и контроля доступа к объектам критической инфраструктуры используют радиочастот-

ную идентификацию (RFID) как надежный и эффективный инструмент [5; 6]. RFID-метки обеспечивают возможность уникальной идентификации объекта, что исключает дублирование данных и снижает вероятность ошибок. Согласно работам в области логистики и складского учета, применение RFID-технологий позволяет повысить точность контроля до 99,9%. В контексте хранения тормозных башмаков RFID-считыватель, установленный в стеллаже, позволяет автоматически фиксировать его открытие и закрытие, что критически важно для предотвращения хищения и несанкционированного использования тормозных башмаков.

В системах безопасности широко применяется концепция многоуровневого контроля доступа [7]. В предлагаемой системе реализован двухфакторный принцип аутентификации: идентификация сотрудников посредством RFID-карт Mifare 13,56 МГц (высокозащищенный стандарт); контроль наличия башмаков с использованием механических концевых выключателей. Этот подход исключает возможность несанкционированного получения башмаков без соответствующей авторизации. Автоматизированные системы, работающие в условиях открытого воздуха, требуют повышенной надежности как механических, так и электронных компонентов [8]. Исследования в области промышленной автоматизации показывают, что электромагнитные замки обладают высокой долговечностью и надежностью при эксплуатации в агрессивной среде. Использование механических концевых выключателей также оправдано, так как они не требуют питания для фиксации состояния, что повышает надежность системы при возможных сбоях в энергоснабжении. Удаленный контроль технических средств становится стандартом в транспортной отрасли [9]. В предлагаемом решении предусмотрена передача данных о наличии башмаков и доступе к ним в реальном времени на удаленный сервер. Это позволяет вести централизованный контроль, анализировать эксплуатационные данные и оперативно реагировать на нештатные ситуации. На основе

	1П		2П		3П
1	✓	7	✗	13	✗
2	✓	8	✗	14	✗
3	✓	9	✗	15	✗
4	✓	10	✗	16	✗
5	✓	11	✓	17	✗
6	✓	12	✓	18	✗

Рис. 2. Предлагаемое отображение стеллажей на каждом конкретном пути с учётом наличия в них башмаков на рабочем месте дежурного по железнодорожной станции

Fig. 2. Proposed display of racks on each specific route, taking into account the presence of shoes in them at the workplace of the railway station duty officer

Предлагаемая система автоматизации хранения и учета тормозных башмаков должна быть проанализирована на предмет возможных неисправностей и способов их предотвращения и устранения. С этой целью для выявления вида рисков, анализа вероятности их возникновения и возможных последствий была составлена карта рисков и предложены методы предотвращения (табл. ниже).

Таблица.

Анализ рисков
Table. Risk analysis

Риск	Описание	Вероятность	Последствия	Методы предотвращения
Отказ RFID-считывателя	Возможен выход из строя из-за погоды или износа	Низкая	Невозможность авторизации сотрудников	Использование защищённых моделей, резервный доступ
Отключение электропитания	Потеря питания может привести к блокировке замков и потере контроля	Средняя	Стеллажи могут не открываться, система не работает	Использование блоков бесперебойного питания, возможность аварийного открытия с автоматизированного рабочего места дежурного по станции

Сбой электромагнитных замков	Замки могут не сработать из-за перегрева, влаги или поломки	Средняя	Доступ может быть заблокирован или неконтролируем	Установка защитных кожухов, регулярное техническое обслуживание
Сбой связи с ПК	Потеря связи между контроллером и ПК из-за сетевых проблем	Средняя	Логирирование операций может не работать	Резервный канал связи, автономная работа контроллеров
Кража или повреждение оборудования	Вандализм или кража компонентов системы	Средняя	Неисправность системы, финансовые потери	Физическая защита (металлические кожухи), видеонаблюдение
Ошибки сотрудников	Неправильное использование системы (утера карт, несанкционированный доступ)	Средняя	Потеря контроля над стеллажами	Инструктаж сотрудников, регистрация действий со стеллажом, замена карт браслетом
Выход из строя конечных выключателей	Поломка механики из-за частого использования или погодных условий	Высокая	Невозможность контролировать наличие башмаков	Использование качественных выключателей, плановая замена
Засорение механики конечных выключателей	Грязь, снег, лёд могут мешать срабатыванию	Высокая	Ложные срабатывания, ошибки в системе	Регулярное обслуживание, защитные кожухи

Для возможности реализации проекта в рамках настоящего исследования был также составлен SWOT-анализ, что позволило выявить сильные и слабые стороны, определиться с угрозами и возможностями (рис. 3).

Практическое применение возможно после тестирования предлагаемой системы. Эксперимент может быть проведен с целью проверки работоспособности разработанной системы автоматизированного хранения и контроля тормозных башмаков, а также оценки её надежности в реальных условиях эксплуатации.

Сильные стороны	Слабые стороны
Высокая надежность и безопасность системы	Необходимость в резервном питании
Упрощённый контроль и учёт	Необходимость технического обслуживания
Централизованный доступ через RFID	Требуется обучение персонала
Исключение случаев хищения	Риски ложных срабатываний датчиков
Мониторинг в реальном времени	
Возможности	Угрозы
Интеграция с другими системами безопасности	Вандализм
Расширение функционала за счет ПО	Влияние погодных условий на работу оборудования
Удалённое управление	Сопrotивление персонала (излишний контроль)
Интеграция с RFID-метками на самих башмаках	Киберугрозы

Рис. 3. SWOT-анализ проекта
Fig. 3. SWOT analysis of the project

Эксперимент может включать в себя следующие этапы:

- монтаж системы: установка модернизированного стеллажа с интегрированными RFID-считывателями, электромагнитными замками и механическими концевыми выключателями;
- функциональные испытания: проверка корректности работы системы доступа, идентификации и фиксации наличия башмаков;
- испытания на устойчивость к внешним факторам: тестирование системы в условиях низких температур, высокой влажности и возможных механических воздействий;
- нагрузочные испытания: моделирование интенсивной эксплуатации системы с многократными циклами выдачи и возврата башмаков;
- тестирование удаленного мониторинга: проверка стабильности передачи данных на сервер и анализа работы системы в онлайн-режиме.

Оценить предлагаемый проект автоматизации операций с тормозными башмаками можно путем расчета интегрального показателя ка-

чества. Здесь возможна оценка через отношение показателей свойств к стоимости [11]. Однако для целей исследования подходит метод определения интегрального показателя как частного от деления суммарного полезного эффекта от автоматизации на затраты на производство, внедрение и функционирование предлагаемой системы:

$$I_{\text{авт.хр.}} = \frac{T_{\text{эк.}}}{Z_{\text{вн.}}},$$

где $T_{\text{эк.}}$ – суммарный полезный эффект от эксплуатации (например, экономия трудозатрат);

$Z_{\text{вн.}}$ – затраты на производство, внедрение и функционирование предлагаемой системы.

Учитывая выше сказанное, стоит отметить, что анализ существующих решений показал: традиционные методы хранения башмаков недостаточно эффективны, так как не позволяют отслеживать их наличие в режиме реального времени и требуют значительных затрат времени на контроль. В отличие от них, предложенная система, основанная на RFID-идентификации, электромагнитных замках и механических концевых выключателях, позволяет автоматизировать процессы хранения, выдачи и возврата тормозных башмаков.

Автоматизация учета и контроля тормозных башмаков повысит качество технологических процессов и позволит улучшить функционал железнодорожной станции как объекта логистической цепи доставки грузов, например, в развитие методического аппарата, предложенного в работах [12-15].

В ходе исследования была разработана автоматизированная система хранения и контроля доступа к стеллажам, предназначенных для хранения тормозных башмаков, обеспечивающая их учет, защиту от несанкционированного использования и удаленный мониторинг. Внедрение данной системы позволит повысить безопасность эксплуатации тормозных башмаков, снизить вероятность их хищения и последующего несанкционированного применения, а также сократить временные затраты сотрудников на их учет и контроль.

Список литературы

1. Покровская, О. Д. (2025). О логистике тяжеловесного движения. В кн.: *Транспорт и логистика устойчивого развития территорий, бизнеса, государства (драйверы роста, тренды и барьеры): Материалы III Международной научно-практической конференции, Москва, 21 ноября 2024 года* (с. 273–278). Москва: Государственный университет управления. EDN: <https://elibrary.ru/LVACME>
2. Паршин, П. К., & Никифорова, Г. И. (2024). Повышение безопасности движения и эффективности управления транспортно-логистическими процессами на железных дорогах. *Транспортное дело России*, (2), 254–256. EDN: <https://elibrary.ru/OUTXCH>
3. Мороз, Ю. А., & Никифорова, Г. И. (2024). Анализ клиентоориентированности как элемента антикризисного управления в сфере транспортно-логистических услуг. *Транспортное дело России*, (5), 78–80. EDN: <https://elibrary.ru/NWUJSA>
4. Паршин, П. К., Шевердова, М. В., & Марченко, М. А. (2024). Алгоритм проведения факторного анализа на железнодорожной станции. В кн.: *Логистика: современные тенденции развития: Материалы XXIII Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 04–05 апреля 2024 года* (с. 96–100). Санкт-Петербург: Государственный университет морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. EDN: <https://elibrary.ru/APMNHX>
5. Кузнецов, А. В., & Смирнов, И. П. (2021). Автоматизированные системы учёта и идентификации на железнодорожном транспорте. *Транспортные технологии*, (4), 35–42.
6. Иванов, П. С., & Петров, А. Н. (2020). Применение RFID-технологий в логистике и складских системах. *Вестник транспортной безопасности*, 8(2), 15–22.
7. Сидоров, М. В. (2019). *Контроль доступа и системы безопасности: теория и практика*. Москва: Транспорт, 256 с.
8. Беляев, В. Л. (2022). Надёжность электронных и механических систем безопасности в условиях низких температур. *Инженерные системы*, (3), 54–61.
9. Фёдоров, А. Е., & Захаров, Н. П. (2023). Технологии IoT для мониторинга объектов железнодорожного транспорта. *Журнал автоматизации и цифровых технологий*, (1), 78–85.
10. Иванкова, А. А., Роднева, Е. С., Худайберганов, С. К., & Никифорова, Г. И. (2024). Применение инструментов RFID при обеспечении безопасности на железнодорожном транспорте. В кн.: *Прогрессивные технологии в эксплуатации наземных транспортно-технологических комплексов и логистических*

- транспортных систем: Сборник трудов международной научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных, посвящённой 110-летию юбилею со дня рождения профессора Каракулева А. В., Санкт-Петербург, 26 февраля 2024 года* (с. 218–223). Казань: ООО «Бук». EDN: <https://elibrary.ru/DYGCQE>
11. Салимова, Т. А. (2001). *Теория и практика управления качеством*. Саранск: Издательство Мордовского университета, 172 с. ISBN: 5-7103-0618-5. EDN: <https://elibrary.ru/WGVDOD>
 12. Покровская, О. Д., Меликов, М. И., & Касьянов, И. В. (2023). Система управления экспортными грузопотоками на базе логистических принципов и информационных технологий. *Вестник транспорта*, (3), 18–26. EDN: <https://elibrary.ru/HYPCNP>
 13. Полиэктов, Д. А., & Покровская, О. Д. (2022). Цифровые технологии на сети железных дорог России. В кн.: *Управление эксплуатационной работой на транспорте: Сборник трудов Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 15–16 марта 2022 года* (с. 132–137). Под ред. А. Ю. Паньчева, Т. С. Титовой, О. Д. Покровской. Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО ПГУПС. EDN: <https://elibrary.ru/XJNGVW>
 14. Куренков, П. В., & Нехаев, М. А. (2012). Моделирование работы сортировочной станции в интеллектуальной системе управления перевозками. *Железнодорожный транспорт*, (9), 20–22. EDN: <https://elibrary.ru/PEMRKL>
 15. Мохоныко, В. П., Исаков, В. С., & Куренков, П. В. (2005). Система поддержки принятия экономически обоснованных решений. *Экономика железных дорог*, (1), 18. С. 18-26.

References

1. Pokrovskaya, O. D. (2025). On the logistics of heavy-haul traffic. In: *Transport and logistics for sustainable development of territories, business, and the state (growth drivers, trends, and barriers): Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference, Moscow, November 21, 2024* (pp. 273–278). Moscow: State University of Management. EDN: <https://elibrary.ru/LVACME>
2. Parshin, P. K., & Nikiforova, G. I. (2024). Improving traffic safety and efficiency of transport and logistics process management on railways. *Transport Business of Russia*, (2), 254–256. EDN: <https://elibrary.ru/OUTXCH>
3. Moroz, Yu. A., & Nikiforova, G. I. (2024). Analysis of customer orientation as an element of crisis management in transport and logistics services. *Transport Business of Russia*, (5), 78–80. EDN: <https://elibrary.ru/NWUJSA>

4. Parshin, P. K., Sheverdova, M. V., & Marchenko, M. A. (2024). Algorithm for conducting factor analysis at a railway station. In: *Logistics: modern development trends: Proceedings of the XXIII International Scientific and Practical Conference, Saint Petersburg, April 04–05, 2024* (pp. 96–100). Saint Petersburg: Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping. EDN: <https://elibrary.ru/APMIHX>
5. Kuznetsov, A. V., & Smirnov, I. P. (2021). Automated accounting and identification systems in railway transport. *Transport Technologies*, (4), 35–42.
6. Ivanov, P. S., & Petrov, A. N. (2020). Application of RFID technologies in logistics and warehouse systems. *Bulletin of Transport Security*, 8(2), 15–22.
7. Sidorov, M. V. (2019). *Access control and security systems: theory and practice*. Moscow: Transport, 256 p.
8. Belyaev, V. L. (2022). Reliability of electronic and mechanical security systems under low-temperature conditions. *Engineering Systems*, (3), 54–61.
9. Fedorov, A. E., & Zakharov, N. P. (2023). IoT technologies for monitoring railway transport facilities. *Journal of Automation and Digital Technologies*, (1), 78–85.
10. Ivankova, A. A., Rodneva, E. S., Khudayberganov, S. K., & Nikiforova, G. I. (2024). Application of RFID tools to ensure railway transport safety. In: *Advanced technologies in operation of ground transport and technological complexes and logistics transport systems: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference of students, undergraduates, postgraduates, and young scientists dedicated to the 110th anniversary of Professor A. V. Karakulev, Saint Petersburg, February 26, 2024* (pp. 218–223). Kazan: LLC “Buk”. EDN: <https://elibrary.ru/DYGCQE>
11. Salimova, T. A. (2001). *Theory and practice of quality management*. Saransk: Mor-dovia University Publishing House, 172 p. ISBN: 5-7103-0618-5. EDN: <https://elibrary.ru/WGVDOD>
12. Pokrovskaya, O. D., Melikov, M. I., & Kasyanov, I. V. (2023). Export cargo flow management system based on logistics principles and information technologies. *Bulletin of Transport*, (3), 18–26. EDN: <https://elibrary.ru/HYPCHP>
13. Poliektov, D. A., & Pokrovskaya, O. D. (2022). Digital technologies on the Russian railway network. In: *Operational management in transport: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Saint Petersburg, March 15–16, 2022* (pp. 132–137). Ed. by A. Yu. Panychev, T. S. Titova, O. D. Pokrovskaya. Saint Petersburg: FGBOU VO PGUPS. EDN: <https://elibrary.ru/XJNGVW>
14. Kurenkov, P. V., & Nekhaev, M. A. (2012). Modeling the operation of a marshalling yard in an intelligent transportation management system. *Railway Transport*, (9), 20–22. EDN: <https://elibrary.ru/PEMRKL>

15. Mokhonko, V. P., Isakov, V. S., & Kurenkov, P. V. (2005). System for supporting economically sound decision-making. *Economics of Railways*, (1), 18–26.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Иванов Егор Константинович, аспирант

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I
пр. Московский, 9, г. Санкт-Петербург, 190031, Российская Федерация
novegor@yourvideographer.ru*

Никифорова Гузель Ислямовна, к.т.н., доцент, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой»

*Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I
пр. Московский, 9, г. Санкт-Петербург, 190031, Российская Федерация
guzel.spb@mail.ru*

DATA ABOUT THE AUTHORS

Egor K. Ivanov, Postgraduate Student

*Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University
9, Moskovsky Ave., St. Petersburg, 190031, Russian Federation
novegor@yourvideographer.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3093-1890>*

Guzel Is. Nikiforova, PhD, Associate Professor, Associate Professor, Department of Operational Management

*Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University
9, Moskovsky Ave., St. Petersburg, 190031, Russian Federation
guzel.spb@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4908-3225>*

Поступила 18.12.2025

После рецензирования 15.01.2026

Принята 01.02.2026

Received 18.12.2025

Revised 15.01.2026

Accepted 01.02.2026